

Revue des Interactions Humaines Médiatisées

Journal of Human Mediated Interactions

Rédacteurs en chef : Sylvie Leleu-Merviel & Khaldoun Zreik

Vol 21 - N°2/ 2020



© europia, 2021
15, avenue de Ségur,
75007 Paris - France

<http://europia.org/RIHM> | <http://rihm.fr>
Contact | e-mail : rihm@europia.org

Revue des Interactions Humaines Médiatisées

Journal of Human Mediated Interactions

Rédacteurs en chef / *Editors in chief*

- Sylvie Leleu-Merviel, Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis, Laboratoire DeVisu
- Khaldoun Zreik, Université Paris 8, Laboratoire Paragraphe

Comité éditorial / *Editorial Board*

- Thierry Baccino (Université Paris8, LUTIN - UMS-CNRS 2809, France)
- Karine Berthelot-Guiet (CELSA- Paris-Sorbonne GRIPIC, France)
- Pierre Boulanger (University of Alberta, Advanced Man-Machine Interface Laboratory, Canada)
- Jean-Jacques Boutaud (Université de Dijon, CIMEOS, France)
- Aline Chevalier (Université Paris Ouest Nanterre La Défense, CLLE-LTC, France)
- Yves Chevalier (Université de Bretagne Sud, CERSIC -ERELLIF, France)
- Didier Courbet (Université de la Méditerranée Aix-Marseille II, Mediasic, France)
- Viviane Couzinet (Université de Toulouse3, LERASS, France)
- Milad Doueichi (Université de Laval - Chaire de recherche en Cultures numériques, Canada)
- Pierre Fastrez (Université Catholique de Louvain, GReMS, Belgique)
- Pascal Francq (Université Catholique de Louvain, ISU, Belgique)
- Bertrand Gervais (UQAM, Centre de Recherche sur le texte et l'imaginaire, Canada)
- Patrizia Laudati (Université Côte d'Azur, SICLAB Méditerranée, France)
- Catherine Loneux (Université de Rennes, CERSIC -ERELLIF, France)
- Marion G. Müller (Jacobs University Bremen, PIAV, Allemagne)
- Marcel O'Gormann (University of Waterloo, Critical Média Lab, Canada)
- Serge Proulx (UQAM, LabCMO, Canada)
- Jean-Marc Robert (Ecole Polytechnique de Montréal, Canada)
- Imad Saleh (Université Paris 8, CITU-Paragraphe, France)
- André Tricot (Université de Toulouse 2, CLLE - Lab. Travail & Cognition, France)
- Jean Vanderdonckt (Université Catholique de Louvain, LSM, Belgique)
- Alain Trognon (Université Nancy2, Laboratoire InterPsy, France)

Revue des Interactions Humaines Médiatisées

Journal of Human Mediated Interactions

Vol 21 - N°2 / 2020

Sommaire

Editorial

Sylvie LELEU-MERVIEL, Khaldoun ZREIK (rédacteurs en chef) iv

Recommander autrement les films documentaires ? Design d'une preuve de concept basée sur l'indexation des dispositifs de réalisation

Recommending documentary films differently? Design of a Proof of Concept based on the indexing of filmmaking practices

Samuel GANTIER, Ève GIVOIS, Éric KERGOSIEN 1

Les limites des mesures de la présence dans les environnements immersifs : analyse de la littérature et modélisation par les équations structurelles

The limits of presence measurements in immersive environments: analysis of the literature and modeling by structural equations

Olivier NANNIPIERI 27

XEmotion : saisir l'expérience sensible

XEmotion: Capturing the Sensitive Experience

Marine THÉBAULT, Virginie BLONDEAU, Olivier AUBERT, Daniel SCHMITT 59

Editorial

Ce deuxième numéro 21(2) de 2020 de R.I.H.M., *Revue des Interactions Humaines Médiatisées*, a encore subi de plein fouet la crise sanitaire COVID-19. Le comité éditorial de R.I.H.M. a pu constater à nouveau combien ce fléau a impacté le travail des chercheurs et enseignants-chercheurs, dont la production scientifique a été fortement pénalisée. Les conséquences persistent pour notre revue : fort décalage avec la date calendaire de référence, et limitation à trois articles longs au lieu de quatre, conformément au nouveau régime instauré pour le numéro 21(1). Nos auteurs nous ont suivis sur le choix de maintenir la qualité scientifique des textes longs édités, plutôt que d'affaiblir l'exigence scientifique ou de réduire le format des articles. Car les trois textes soumis à votre lecture sont particulièrement originaux, riches et denses.

En effet, le premier article propose une recommandation basée sur une nouvelle forme de catégorisation du cinéma documentaire, alternative aux métadonnées fondées principalement sur une classification thématique. Le terrain expérimental se compose d'un catalogue d'environ 800 documentaires de création (proposé à un public cinéphile par la plateforme de vidéo à la demande Tënk) et du moteur algorithmique Rumo (mis à disposition par la société Spideo). L'ensemble conduit à un preuve de concept (POC) d'un nouvel algorithme de recommandation de forme inédite, car fondé sur les dispositifs de réalisation.

Le deuxième article s'attache à examiner la pertinence des mesures de présence dans les environnements virtuels, présence entendue comme la sensation d'être dans un lieu dans lequel l'utilisateur n'est pas réellement. Cet examen se fonde sur deux méthodes. La première consiste à conduire une analyse des publications académiques proposant la création d'une échelle de mesure de la présence sur la base d'un examen de la validité de contenu et de la pertinence des procédures statistiques utilisées dans les études. La seconde consiste à tenter d'estimer les limites d'une approche fondée essentiellement sur des procédures statistiques en examinant les résultats de modèles alternatifs sur la base d'équations structurelles.

Enfin, le troisième et donc dernier article dans notre nouveau format, présente XEmotion, une méthode originale d'enquête pour saisir les émotions du public dans un contexte culturel. L'article détaille l'historique qui a conduit les chercheurs à proposer la méthode d'enquête XEmotion ainsi que la mise en œuvre de la charte elle-même dans deux cadres distincts : le musée de l'Holocauste à Skokie, près de Chicago dans l'Illinois (*Illinois Holocaust Museum and Education Center*) et la deuxième édition du Video Mapping Festival de Lille (2019). L'outil permet de dresser une sorte de cartographie sensible de la manifestation culturelle qu'il évalue.

Nous vous souhaitons à toutes et à tous une très bonne lecture et nous vous remercions de votre fidélité.

Sylvie **LELEU-MERVIEL** et Khaldoun **ZREIK**
Rédacteurs en chef

Les limites des mesures de la présence dans les environnements immersifs : analyse de la littérature et modélisation par les équations structurelles

The limits of presence measurements in immersive environments: analysis of the literature and modeling by structural equations

Olivier NANNIPIERI (1)

(1) Laboratoire IMSIC, IUT de Toulon
olivier.nannipieri@univ-tln.fr

Résumé. La présence dans les environnements virtuels, entendue comme la sensation d'être dans un lieu dans lequel l'utilisateur n'est pas réellement, a fait l'objet de nombreuses recherches fondées sur des mesures subjectives par questionnaire. L'objectif de cette contribution consiste à examiner la pertinence de ces mesures. Cet examen se fonde sur deux méthodes. La première consiste à conduire une analyse des publications académiques proposant la création d'une échelle de mesure de la présence sur la base d'un examen de la validité de contenu et de la pertinence des procédures statistiques utilisées dans les études. La seconde consiste à tenter d'estimer les limites d'une approche fondée essentiellement sur des procédures statistiques en examinant les résultats de modèles alternatifs sur la base d'équations structurelles.

Mots-clés. Présence, environnements immersifs, réalité virtuelle, mesure.

Abstract. Presence in virtual environments (i.e. the feeling of being in a place in which the user is not actually) has been the subject of many researches based on subjective questionnaire measures. The aim of this contribution is to examine the relevance of these measures. This review is based on two methods. The first is to conduct an analysis of academic publications proposing the creation of a scale for measuring presence based on an examination of the validity of content and the relevance of the statistical procedures used in the studies. The second is to attempt to estimate the limits of an approach based primarily on statistical procedures by examining the results of alternative models based on structural equations modeling.

Keywords. Presence, immersive environments, virtual reality, measurement.

1 Introduction¹

La présence dans les environnements immersifs, entendue comme la sensation d'être là, c'est-à-dire, à l'intérieur d'un environnement artificiellement produit par un ordinateur, se trouve à l'intersection de deux champs d'investigation : la tentative de comprendre notre rapport au monde et de comprendre ce rapport au monde lorsqu'il est médié par des machines qui peuvent produire chez l'individu une illusion de non-médiation (Lombard & Ditton, 1997).

Si la présence constitue un objet de recherche important (e.g. depuis 1992, le MIT publie une revue intitulée *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*), c'est parce qu'il est essentiel d'estimer dans quelle mesure l'utilisateur exposé à un environnement virtuel par exemple se sent authentiquement présent lors de son immersion. Car, si tel n'était pas le cas, quelle valeur devrions-nous accorder aux environnements immersifs ?

En effet, les dispositifs de réalité virtuelle ne sont pas que de simples créations dénuées d'intérêt. Leurs applications sont concrètes et ont de nombreux enjeux sur les plans de l'économie, de la santé, de la formation. Aujourd'hui, les dispositifs de réalité virtuelle sont utilisés, par exemple, dans le design industriel, dans le test de prototypes, dans les thérapies cherchant à réhabiliter des fonctions cognitives ou sensori-motrices, dans la formation (e.g. médecine, armée, transport). Or, comment garantir, par exemple, que ces dispositifs permettent d'importer correctement des schèmes sensori-moteurs, cognitifs, affectifs de la réalité vers l'environnement virtuel et/ou, en retour, de modifier les schèmes de l'utilisateur post exposition si cet utilisateur n'est pas « présent » dans l'environnement, qu'il en est seulement un spectateur ?

En effet, les caractéristiques techniques d'un dispositif (e.g. vision stéréoscopique, modalités d'interaction via les interfaces comportementales, richesse sensorielle) n'ont pas un impact mécanique sur le degré de présence. En effet, la présence consiste en un état physique ou comportemental, physiologique et psychologique de l'utilisateur qui est distingué des caractéristiques objectives du dispositif technique (e.g. Mestre & Fuchs, 2006). La littérature différencie, en effet, depuis et en accord avec la contribution de Slater, Usoh et Steed (1994), les caractéristiques dites externes (propres au dispositif) et les caractéristiques dites internes (propres au sujet). Ainsi, l'immersion dans un environnement virtuel n'est pas la présence dans un environnement virtuel car, pour un même dispositif, deux sujets peuvent ne pas ressentir le même degré de présence.

Or, pour estimer ce degré de présence, un certain nombre d'outils ont été créés ou utilisés : des mesures subjectives (e.g. questionnaire de présence), des mesures comportementales (i.e. estimant le degré d'adéquation entre le comportement de l'utilisateur immergé et le comportement qu'il aurait dans un environnement réel similaire) et des mesures physiologiques ou neurophysiologiques (e.g. fréquence cardiaque, flux cérébral sanguin).

L'objectif de cette contribution consiste à examiner la pertinence des mesures subjectives par questionnaire. Cet examen se fonde sur deux méthodes. La première consiste à réaliser une analyse des publications académiques proposant la création

¹ L'auteur tient à remercier les évaluateurs de cette contribution pour la précision et la pertinence de leurs commentaires, critiques ou préconisations. Le travail conséquent qu'ils ont réalisé a permis à l'auteur de conduire un examen critique de l'article qui a contribué, nous l'espérons, à le rendre plus clair. L'auteur souhaite également adresser ses remerciements au CARTT de l'IU'T de Toulon pour le soutien financier accordé dans le cadre de ce travail.

d'une échelle de mesure de la présence. La seconde consiste à tenter d'estimer les limites d'une approche fondée essentiellement sur des procédures statistiques en examinant les résultats d'un modèle sur la base d'équations structurelles.

2 Mesurer la présence : analyse de la littérature

Lorsqu'un utilisateur est exposé à un environnement de réalité virtuelle, il peut vivre une expérience paradoxale : la présence, à savoir, la sensation ou « le sentiment d'être là » (e.g. He, Wu & Li, 2018). La présence est une expérience, parfois éphémère ou fluctuante, qui peut, chez l'utilisateur, se manifester par un « sentiment » (l'impression d'être réellement dans un lieu), par un comportement (agir dans ce lieu comme si l'utilisateur y était réellement), par une activité involontaire de son organisme (e.g. augmentation de la fréquence cardiaque). La présence relève donc, sur le plan ontologique, de l'expérience d'un sujet.

La présence peut être estimée sur la base de mesures dites « objectives », c'est-à-dire qui sont effectuées par un tiers (e.g. un observateur extérieur, un dispositif de mesure). Elles peuvent être d'ordre comportemental (e.g. Freeman *et al.*, 2000 ; Lepecq *et al.*, 2009 ; Ohmi, 1998) lorsqu'elles se focalisent, par exemple, sur le niveau de performance de l'utilisateur en regard de la tâche à accomplir, sur la conformité entre son comportement dans l'environnement virtuel et son comportement attendu (dans l'espace physique non médié par un dispositif de réalité virtuelle). Mais la présence peut également être estimée en se fondant sur des mesures physiologiques ou neurophysiologiques (e.g. Alcaniz *et al.*, 2009 ; Gandy *et al.*, 2010 ; Nacke & Lindley, 2008 ; Peperkorn, Diemer & Mühlberger, 2015 ; Villani *et al.*, 2012 ; Wiederhold *et al.*, 2003) telles que, par exemple, la fréquence cardiaque ou la conductance cutanée.

Toutefois, le type de mesure le plus utilisé consiste en une mesure dite « subjective » », c'est-à-dire une mesure se fondant sur l'expression verbalisée par l'individu de la sensation de présence (e.g. questionnaires post exposition). Dans le cadre de l'administration d'un questionnaire de présence post-exposition, compte tenu du caractère variable du sens du terme « présence », les auteurs ont recours à des formulations du type « Dans quelle mesure avez-vous eu le sentiment d'être 'entré' dans le monde virtuel ? » (Baños *et al.*, 2000), ou encore « Quelle était le degré de votre sentiment de présence (c'est-à-dire le sentiment d'y être) dans l'environnement virtuel ? » (Barfield, Baird & Bjorneseth, 1998). A l'exception de quelques études qualitatives (e.g. Freeman & Avons, 2000 ; Muratore & Nannipieri, 2016 ; Wissmath, Weibel & Mast, 2009), les mesures dites « subjectives » consistent en l'analyse statistique des réponses aux questionnaires administrés (e.g. moyennes, consistance interne, analyses factorielles exploratoires ou confirmatoires).

2.1 Méthodologie de l'analyse de la littérature relative aux mesures de la présence

Critères d'inclusion et d'exclusion des contributions

S'agissant des critères d'inclusion, seules les contributions proposant une ou plusieurs mesures originelles-ales seront analysées. En effet, un nombre très important de contributions utilisent des mesures de la présence. Or, une très large majorité a recours à des échelles qui ont été créées auparavant. Afin d'éviter la redondance des analyses, seules les contributions ayant créé une échelle de mesure ont été examinées. Certes, toutes ces mesures n'ont pas, sur le plan épistémologique et méthodologique, la même valeur. Par exemple, certains questionnaires sont

construits sur la base d'un processus d'élaboration s'appuyant sur des analyses factorielles exploratoires et confirmatoires. D'autres présupposent que les questions posées constituent, ensemble, un construit cohérent, sans chercher à en estimer, par exemple, la structure factorielle, la fidélité ou la validité. Or, l'analyse qui est produite se fonde sur le postulat selon lequel la publication de ces travaux dans des revues à comité de lecture, des workshops sur la présence ou encore des articles présentés dans les conférences IEEE, garantissent une certaine valeur scientifique.

En ce sens, il n'est pas ici question de critiquer une mesure sur le plan des choix du type de méthodologie (e.g. compréhensive, explicative) car la scientificité d'une méthode de mesure dérive nécessairement du paradigme ou des paradigmes d'une discipline et peut, en conséquence, varier en fonction du champ disciplinaire.

S'agissant plus particulièrement des mesures dites « subjectives », les contributions proposant l'adaptation/transformation (pas seulement la traduction dans une autre langue) d'outils de mesure existants en fonction du type de dispositif (e.g. HMD, Cave, application de réalité augmentée) et du type d'environnement ou de tâche à réaliser seront également analysées.

S'agissant toujours des mesures dites « subjectives », il est important de préciser qu'étant donné que l'analyse porte sur les indicateurs, en l'occurrence sur la formulation des items, il n'est donc pas pertinent de procéder à une traduction de ces items pour deux raisons. Premièrement, afin de demeurer le plus proche possible de la signification de l'item. Deuxièmement, parce que, suivant la méthodologie proposée par Besson et Haddadj (2003), la traduction d'un questionnaire dans une autre langue nécessite une adaptation des items sur la base d'une traduction et d'une retraduction réalisée par des personnes de la langue d'origine, de pré-tests qualitatifs auprès de la cible et auprès d'experts et d'un traitement statistique (Churchill, 1979) qui ne peuvent évidemment pas être réalisés dans le cadre de cette analyse. Pour le dire autrement, une traduction en français des items des questionnaires en langue anglaise ne garantit en rien que les qualités au moins psychométriques des échelles soient conservées.

Par ailleurs, des mesures de l'expérience du joueur de jeux vidéo existent et peuvent, par certains aspects, impliquer une mesure de la présence. Dans le champ des jeux vidéo, seuls les articles qui créent des items estimant la présence seront analysés.

Ces critères d'inclusion s'appliquent sur la procédure de collecte des mesures. Procédure qui est fondée sur trois types de sources.

En premier lieu, une recherche des mesures dans la base de données de Google Scholar avec les mots clés suivants a été réalisée : présence + mesure + réalité virtuelle ; présence + mesure + réalité augmentée ; présence + mesure + jeu vidéo ; présence + questionnaire + réalité virtuelle ; présence + questionnaire + réalité augmentée ; présence + questionnaire + jeu vidéo ; immersion + mesure + réalité virtuelle ; immersion + mesure + réalité augmentée ; immersion + mesure + jeu vidéo ; immersion + questionnaire + réalité virtuelle ; immersion + questionnaire + réalité augmentée ; immersion + questionnaire + jeu vidéo ; *presence + measure + virtual reality* ; *presence + measure + augmented reality* ; *presence + measure + video game* ; *presence + measurement + virtual reality* ; *presence + measurement + augmented reality* ; *presence + measurement + video game* ; *presence + questionnaire + virtual reality* ; *presence + questionnaire + augmented reality* ; *presence + questionnaire + video game*.

Le fait que les requêtes soient extraites du corps du texte (et pas seulement du titre ou des mots-clés de l'article) permet de couvrir un spectre de recherche plus étendu.

Le choix d'inclure systématiquement les termes « mesure / *measure* / *measurement* / questionnaire » permet de collecter puis d'analyser un maximum de contributions qui n'ont pas nécessairement pour objectif premier de créer un instrument de mesure, mais qui, dans le corps de l'article, proposent une mesure de la présence.

Par ailleurs, compte-tenu du nombre important de résultats obtenus sur *Google Scholar* pour chacune des 21 requêtes (e.g. 44 900 pour la requête « présence + mesure + réalité virtuelle »), l'analyse de la pertinence des résultats a été limitée, pour chaque requête, aux 100 premiers résultats. Ce qui signifie qu'au moins 2 100 résultats ont été analysés. Il est utile de préciser que, parmi ces contributions, la quasi-totalité a eu recours à des échelles de mesures existantes. Comme cela a été indiqué précédemment, afin d'éviter la redondance des analyses, seules les contributions ayant créé une échelle de mesure ont été retenues. C'est la raison pour laquelle une recherche fondée sur l'examen des références bibliographiques des contributions sélectionnées a été réalisée. Le principe étant d'identifier la mesure originelle au sein des références bibliographiques.

En second lieu, un examen des publications proposant une revue de la littérature des mesures originales de la présence a permis d'identifier des contributions qui auraient pu ne pas émerger de la recherche effectuée sur *Google Scholar* (Grassini & Laumann, 2020 ; IJsselsteijn *et al.*, 2000 ; Schuemie, 2001 ; Youngblut, 2003 ; Van Baren & IJsselsteijn, 2004).

S'agissant des critères d'exclusion, les contributions utilisant des mesures déjà mobilisées dans des contributions antérieures ont été écartées (e.g. Shubber, 1998 ; Bystrom & Barfield, 1999 ; Murray *et al.*, 2000 ; Biocca, Kim & Choi, 2001 ; Krauss *et al.*, 2001 ; Lin *et al.*, 2002 ; Price *et al.*, 2011 ; Villani *et al.*, 2012 ; Chicchi Giglioli *et al.*, 2016 ; Hartmann *et al.*, 2016 ; Deniaud, 2017 ; Makransky *et al.*, 2017 ; Buttussi & Chittaro, 2018 ; Gorisse, Christmann & Richir, 2018 ; Tcha-Tokey *et al.*, 2018 ; Prévost, 2019 ; Schwind *et al.*, 2019).

Certaines contributions devant *a priori* être incluses dans l'analyse ont été toutefois écartées lorsqu'elles ne consistaient pas en la création d'indicateurs, mais qu'elles consistaient à subsumer sous le concept de présence, un ensemble d'échelles déjà existantes mesurant la présence ou ne mesurant pas que la présence. C'est le cas, par exemple, des travaux de Sas et O'Hare (2001).

Les contributions proposant des mesures (e.g. questionnaire) non testées empiriquement ou les questionnaires proposant exclusivement une mesure de la présence sociale ou de la co-présence ont été exclus. La coprésence (Slater, Sadagic & Schroeder, 2000) consiste, pour l'utilisateur, à juger que les autres utilisateurs, via leur avatar, partagent le même espace (virtuel) qu'eux : l'environnement virtuel est perçu comme partagé et, par conséquent, commun, puisque l'utilisateur perçoit les avatars d'autres utilisateurs sans nécessairement interagir, c'est-à-dire communiquer avec eux. En revanche, la présence sociale (Lee, 2004) consiste à juger, sur la base des interactions entre les utilisateurs, via, par exemple, leur avatar (Bonfils, 2007), que les autres utilisateurs sont présents dans l'environnement virtuel de la même manière que nous jugeons, dans la réalité, qu'autrui est co-présent. Or, ces deux types de présence ne constituent pas une condition nécessaire à la manifestation de la sensation de présence et peuvent, le cas échéant, en constituer une variable explicative.

Concernant les mesures de l'expérience du joueur de jeux vidéo, des mesures telles que le *Game Experience Questionnaire* (IJsselsteijn *et al.*, 2013) par exemple, ne seront pas présentées car les items ne concernent pas la présence.

Certains travaux utilisant le terme « présence » n'ont pas été inclus dans l'analyse car il a été estimé que les indicateurs utilisés sont trop éloignés du concept. C'est le cas, par exemple, de la contribution de Brockmyer *et al.* (2009). Cette contribution propose une mesure de la présence qui se focalise sur la dimension temporelle de l'expérience, dimension communément attribuée au *flow* (Csikszentmihalyi, 1990), le *flow* étant, par ailleurs, mesuré dans cette même étude. Le *flow* est caractérisé essentiellement par une expérience dite « optimale » qui produit une perte de conscience de soi et une distorsion temporelle lorsque les compétences du sujet coïncident avec le niveau de difficulté de la tâche qu'il a à réaliser. Les items de la présence de l'étude de Brockmyer *et al.* (2009) sont : « Les choses semblaient se produire automatiquement », « Mes pensées allaient très vite », « J'ai joué plus longtemps que je ne le pensais », « J'ai perdu la notion du temps ». Une autre étude (Hoffman *et al.*, 1998) a été écartée car les items utilisés, à une exception près (dont la formulation est récurrente dans les questionnaires sur la présence), relève plus d'une mesure du réalisme de l'environnement que d'une mesure de la présence, le réalisme exprimant un jugement relatif à la ressemblance (visuelle par exemple) entre un environnement virtuel et un environnement réel.

Les études mesurant la présence sur la base d'un seul item s'apparentant à la question « A quel point avez-vous eu l'impression d'être vraiment « là » dans l'environnement virtuel/augmenté/de jeu » ne seront pas présentées car la formulation de la question n'apporte rien de nouveau par rapport à de nombreux autres questionnaires multi-items qui comportent déjà ce type de formulation.

Critères d'analyse des contributions

Classiquement, plusieurs critères permettent d'estimer la pertinence d'une mesure. Au-delà des querelles sur le plan terminologique (e.g. exactitude, justesse, fidélité), il est clair que des critères d'ordre psychométrique ne peuvent pas s'appliquer à l'analyse qui est proposée pour deux raisons essentielles.

Première raison : il ne s'agit pas d'estimer, en soi, la pertinence de la mesure (e.g. sa fidélité : proximité de l'accord entre les indications ou les valeurs mesurées obtenues par des mesures répétées du même objet ou d'objets similaires dans des conditions spécifiées) mais d'examiner la pertinence d'indicateurs en regard du concept étudié, en l'occurrence, la présence. Pour le dire autrement, cette analyse ne cherche pas à quantifier mais à examiner qualitativement les mesures du concept. En somme, pour chaque indicateur (e.g. chaque item d'un questionnaire), il s'agit de répondre à la question : que mesure cet indicateur ?

En ce sens, par « pertinence de la mesure », il faut entendre « validité de contenu » : « La validité de contenu réfère à la représentation adéquate de l'échantillon d'items utilisés pour mesurer un comportement ou une caractéristique. Est-ce que l'instrument de mesure et les items qu'il contient représentent vraiment le domaine étudié ? » (Fortin, 1994). La validité de contenu peut se fonder sur deux méthodes : la validité nominale (un expert, c'est-à-dire un chercheur spécialiste du domaine de recherche, juge de la validité de la mesure) et la validité par consensus (un ensemble d'experts juge de la validité de la mesure). Dans le cadre de ce travail, la méthode utilisée est la validité nominale de contenu.

La seconde raison qui conduit à ne pas estimer les caractéristiques psychométriques des mesures est lié au fait que ce travail ne se fonde pas sur une analyse statistique des contributions (i.e. méta-analyse). La justification est la suivante : estimer la pertinence d'une mesure sur la base, par exemple, d'une analyse statistique des utilisations de cette mesure dans la littérature (e.g. nombre de citations, nombre d'utilisations de la mesure, respect du processus de construction

et de validation d'une mesure, validité prédictive de la mesure) présuppose que la pertinence de la mesure est le produit de l'ensemble des utilisations de cette mesure. Par exemple, le questionnaire de présence (PQ) élaboré par Witmer et Singer (1998) est l'instrument de mesure le plus cité et le plus utilisé dans la littérature – même chez certains praticiens recourant à la thérapie comportementale en réalité virtuelle. Et pourtant, comme cela sera démontré lors de l'analyse de ce questionnaire, il souffre d'un nombre important de limites comparé à d'autres questionnaires comme le souligne, par exemple, Slater (1999) qui a produit l'analyse critique la plus aboutie du *Presence Questionnaire*. Une méta-analyse (quantitative) qui aurait intégré ce questionnaire aurait, sans anticiper les analyses qui vont suivre, mis pourtant en évidence d'une part la légitimité dont il jouit en termes de mesure de la présence et d'autre part des corrélations satisfaisantes avec d'autres questionnaires et avec d'autres variables liées à la présence, occultant, ainsi, des difficultés importantes sur les plans conceptuel et épistémologique comme cela sera démontré dans l'analyse des résultats.

Pour synthétiser, la revue de la littérature relative aux mesures originelles de la présence permet d'identifier les mesures ayant fait l'objet de travaux empiriques. Ces mesures sont originelles car elles ont été créées et, le cas échéant, utilisées dans des études ultérieures. Elles sont originales dans le sens où elles diffèrent des autres mesures qui ont été créées. Ces études permettent, sur le plan méthodologique, d'identifier des indicateurs et d'en estimer la validité de contenu nominale. Validité qui doit être interrogée sur la base de sa valeur épistémologique.

Résultats de l'analyse des contributions

Au total, 37 contributions proposent une mesure originelle fondée sur un questionnaire administré post-exposition. Parmi ces contributions, 30 proposent une définition de la présence.

Même si plusieurs définitions de la présence existent dans la littérature, les auteurs s'accordent majoritairement sur une définition de la présence entendue comme la sensation d'être là (« *being there* »). En effet, à l'exception d'études se focalisant sur un aspect ou un contexte de mise en situation expérimentale spécifique (e.g. présence sociale, présence d'entités virtuelles), la présence est définie de manière consensuelle comme le montre le tableau suivant (cf. tableau 1).

Ce tableau montre également les thèmes des items afin de souligner le fait qu'ils ne mesurent pas nécessairement la présence telle qu'elle est définie par les auteurs.

Construits proches du concept de présence :

- Présence personnelle (PP) : la sensation d'être dans un environnement virtuel,
- Présence environnementale (PE) : la mesure selon laquelle l'environnement virtuel existe réellement durant l'expérience,
- Co-présence personnelle (CPP) avec des objets virtuels et/ou des avatars : la sensation d'être proche des objets virtuels et/ou des avatars,
- Présence comportementale et agentivité (PC) : la présence comportementale est la mesure selon laquelle l'utilisateur interagit avec les objets virtuels et l'agentivité est définie ici comme la mesure selon laquelle l'utilisateur s'attribue l'effet de ses propres actions dans l'environnement virtuel.

Caractéristiques de l'expérience utilisateur :

- Crédibilité de l'expérience (C) : la mesure selon laquelle l'utilisateur croit que l'expérience qu'il vit est crédible,

- Focalisation de l'attention (FA) : la mesure selon laquelle l'utilisateur focalise son attention sur l'environnement virtuel et les tâches qu'il doit réaliser,
- Disparition de l'environnement physique (D) : la mesure selon laquelle l'utilisateur oublie l'environnement physique durant l'expérience,
- Transparence perçue des interfaces (I) : la mesure selon laquelle l'utilisateur oublie qu'il utilise des interfaces (e.g. visiocasque, interfaces sensori-motrices),
- Emotions ressenties (ER) : degré d'émotions ressenties durant l'expérience,
- Joie/plaisir (*enjoyment*) (E) : la joie ou plaisir ressenti durant l'expérience,
- Implication ou engagement (*involvement*) (I) : la mesure selon laquelle l'utilisateur prend part activement à ce qui se déroule au sein de l'environnement virtuel,
- Effort cognitif (EC) : le niveau d'allocation de ressources cognitives mobilisées durant l'expérience,
- Engagement sensoriel (ES) : la mesure selon laquelle les sens de l'utilisateur sont complètement engagés durant l'expérience.

Caractéristiques du dispositif (e.g. interfaces, environnement virtuel) :

- Réalisme (R) : la mesure selon laquelle les objets virtuels ou l'environnement virtuel ressemblent (visuellement par exemple) aux objets réels ou à un environnement réel,
- Facilité d'utilisation (FU) : la mesure selon laquelle le dispositif est facile à utiliser,
- Qualité des interfaces (Q) : la qualité sensorielle des stimuli transmis par les interfaces du dispositif.

Par ailleurs, ce tableau indique la nature des tests statistiques utilisés dans la construction de l'échelle de mesure le cas échéant (Stat.) : alpha de Cronbach (α), test-retest (Test-retest), corrélations entre les items (Correl. Items) ou entre les items et l'échelle totale (Correl. Item total), analyse factorielle exploratoire (AFE), analyse factorielle confirmatoire (AFC), validité convergente (VC), validité discriminante (VD) ainsi que le nombre de dimensions et, le cas échéant, leur appellation.

Références	Définition	Stat.	Dimensions	Thèmes des items
Axelsson <i>et al.</i> , 2001	Pas de définition	Non	1 dimension	CPP
Bailey <i>et al.</i> , 2012	La présence physique mesure à quel point l'espace virtuel et les objets qu'il contient semblent réels aux utilisateurs	α , Correl. items	1 dimension	PP, C, PC
Baños <i>et al.</i> , 2000	L'expérience d'une personne, lorsqu'elle se trouve dans un environnement virtuel, d'« être là »	AFE, α	Réalisme Correspondance interne/externe Attention/absorption	Q, R, C, PP PC PP, D, FA, EC
Barfield, Baird & Bjorneseth, 1998	Un sous-ensemble de questions qui se rapporte logiquement à un construit qui semble représenter la « présence » telle que définie par de nombreux auteurs	Non	1 dimension	PP, CPP, FU, D, ES, T, C, Q, R, I
Baus & Bouchard, 2016	Pas de définition	α	Sensation de présence Sensation de réalité	PP C
Bouvier, 2009	Le sentiment authentique d'être dans un autre monde que celui dans lequel est le corps	Non	Présence globale Présence environnementale Présence de soi Présence sociale Présence d'action	PP, C, ER PE Items spécifiques à la dimension CPP PC

Cho <i>et al.</i> , 2003	Le fait que l'utilisateur dans l'environnement croie qu'il est ou qu'il fait quelque chose « dans » l'environnement synthétique	Non	1 dimension	R, PP
Choi, Kim & Kim, 2019	Le sentiment de l'utilisateur d'être à l'intérieur du monde virtuel, différent du monde réel dans lequel il se trouve	Non	Immersion et présence de l'utilisateur	FA, EC, R, C, Q, PP
			Présence des objets	FA, EC, C, CPP, R
Dinh <i>et al.</i> , 1999	Pas de définition	Non	1 dimension	PP, D, R, FU, PC, PE, Q
Fornetino, Helme-Guizon & Gotteland, 2008	Un processus affectif, cognitif et sensoriel qui permet d'accéder à un but particulier, une expérience subjective qui, combinée à d'autres expériences subjectives, contribue notamment à la réalisation d'un objectif global de construction de l'identité de l'individu	AFE, α , AFC, VC	1 dimension	PE, D
Gackenbach & Rosie, 2011	Pas de définition	AFE	1 dimension	I, ES, PC, ER, T, PP
Gerhard, Moore & Hobbs, 2001	Le résultat possible du processus d'immersion cognitive	Non	Implication	I, D, PC
			Immersion	ES
			Conscience	CPP
			Communication	CPP
Georgiou & Kyza, 2017	Le sentiment de se sentir entouré d'un environnement physique/virtuel mixte mais réaliste	Correl. Item total AFE, α , AFC	1 dimension	C, I, PC
He, Wu & Li, 2018	Le sentiment d'être là dans l'environnement virtuel	Non	1 dimension	PE, PP, R
Hendrix & Barfield, 1996	Le sentiment d'être immergé dans un environnement virtuel	Non	1 dimension	PP, R
Jennett <i>et al.</i> , 2008	L'immersion est l'expérience qui consiste à s'engager dans un jeu vidéo	Non	1 dimension	C, PC, D, PE
Kan <i>et al.</i> , 2014	Pas de définition	α	1 dimension	C, PE
Kim & Biocca, 1997	Perception d'une personne d'être à un endroit spécifié	AFE	Début : être présent dans l'environnement médiatisé	D, PE
			Fin : ne pas être présent dans l'environnement non-médiatisé	PE, PP
Lao, Martin & Jeanpert, 2019	L'utilisateur est ailleurs que dans le lieu où il est physiquement	α , AFC, VC, VD	1 dimension	PP
Larsson, Västfjäll & Kleiner, 2001	La présence peut être définie comme « être là »	Non	Présence	C, T, PP, I, EC
			Conscience de l'extérieur	D, FA
			Joie	E, ER
Lessiter <i>et al.</i> , 2001	Une sensation subjective d'« être là » dans une scène représentée par un média	Non	Sensation physique Espace Engagement Validité écologique Effets négatifs	Les auteurs n'autorisent pas la publication des items
Lombard, Ditton & Weinstein, 2009	Pas de définition	AFE	Présence spatiale	CPP, PP, PC, PE
			Présence sociale présence – utilisateur dans le média	Items spécifiques à la dimension
			Présence sociale – Relations interpersonnelles passives	
			Présence sociale –	

			Relations interpersonnelles actives	
			Richesse de la dimension sociale	
			Engagement (immersion mentale)	PP, I, ES, C
			Réalisme des interactions sociales	C
			Réalisme du perçu	C, T
Nannipieri <i>et al.</i> , 2015	La sensation d'être dans un environnement virtuel (présence personnelle) et la sensation que cet environnement existe (présence environnementale)	AFE, α , AFC	Présence personnelle	PP
			Présence environnementale	PE
Nichols, Haldane & Wilson, 2000	Pas de définition	Non	1 dimension	PP, PE, C
Nowak & Biocca, 2003	La sensation « d'être là » dans l'environnement virtuel ou médiatisé	α	1 dimension	I, ER, PP
Persky & Blascovich, 2008	L'expérience subjective d'être dans un lieu ou un environnement, même lorsque l'on est physiquement situé dans un autre	α	1 dimension	D, PC, PE, C
Prothero & al., 1995	« Etre dans » un environnement virtuel	Test-retest	1 dimension	PE, C, D
Psotka & Davison, 1993	Le sentiment d'être vraiment là	Non	1 dimension	E, PP, R, ES
Ratan & Hasler, 2009	Proto présence de soi : la mesure dans laquelle un outil médiatique et l'auto-représentation virtuelle correspondante sont intégrés dans le schéma corporel Coeur de présence de soi : La mesure dans laquelle les interactions médiatisées entre une auto-représentation virtuelle et des objets virtuels provoquent des réponses émotionnelles Présence à soi étendue : mesure dans laquelle une certaine identité médiatisée est importante pour l'individu	α	Proto présence de soi	CPP, PC, PP
			Coeur de présence de soi	ER
			Présence de soi étendue	Items spécifiques à la dimension
Roy, 2014	La sensation d'être là dans l'environnement virtuel même si son corps est dans le monde réel	Non	Présence de soi	PC
			Présence sociale	CPP, Q
			Présence spatiale	Q, PC
			Présence comportementale	FU, PC
Schroeder <i>et al.</i> , 2001	L'expérience d'être dans un lieu autre que celui dans lequel vous êtes physiquement présent	Non		CPP
Schubert, Friedmann & Regenbrecht, 1999	La présence signifie l'expérience d'être dans un environnement virtuel	AFE, AFC	Présence globale	PP
			Présence spatiale	PP, PC
			Implication	D, I, FA
			Réalisme vécu	C
Slater, Usoh & Steed, 1994	Le sentiment d' « d'être là » du participant dans l'environnement virtuel	Non	1 dimension	EC, C, PE, PP
Stevens <i>et al.</i> , 2002	L'expérience subjective qu'un objet particulier existe dans l'environnement d'un utilisateur, même lorsque cet objet n'existe pas	α	1 dimension	CPP
Vorderer <i>et al.</i> , 2004	Pas de définition	α , corrélation items /échelle	Présence spatiale : localisation de soi	PC, PP
			Présence spatiale : actions possibles	PC, C
Welch <i>et al.</i> ,	Le sentiment que les sujets étaient	Non	1 dimension	PP

1996	physiquement situés dans et entourés par le monde visuel représenté, plutôt que dans le laboratoire dans lequel ils savaient que l'expérience avait lieu			
Witmer & Singer, 1998 / Witmer, Jerome & Singer, 2005	L'expérience subjective d'être dans un lieu ou un environnement, même lorsque l'on est physiquement situé dans un autre	α , Correl. Item total, AFE	Implication	PC, I, ES, C
			Fidélité sensorielle	I, PC
			Adaptation/ Immersion	EC, ES, FA, FU, C
			Qualité de l'interface	Q, T

Tableau 1. Définitions et mesures de la présence

Malgré le consensus relatif existant autour de la définition de la présence entendue comme la sensation d'être là, les questionnaires proposent des dimensions différentes de la présence (dans le cas de construits qui sont posés comme multidimensionnels) et des items très variés.

Comme cela a été précisé précédemment, à l'exception de contributions centrées sur des dimensions particulières liées à la présence (e.g. présence sociale, présence des objets virtuels), ce construit est défini de manière consensuelle. Pourtant, les outils mesurant le construit sont très différents même lorsqu'il s'agit de questionnaires. Ces différences sont de deux ordres.

En premier lieu, sur le plan de la structure du construit : certaines mesures utilisent des questionnaires qui postulent l'existence de plusieurs dimensions ou facettes de la présence, d'autres considèrent que la présence est un construit unidimensionnel. En second lieu, qu'il s'agisse de construits multi ou unidimensionnels, les questions ou items sont également très diversifiés mais surtout ne mesurent pas seulement, voire pas du tout parfois, la présence au sens où les auteurs eux-mêmes la définissent (i.e. la sensation d'être là). Les seules exceptions sont les contributions de Lao, Martin et Jeanpert (2019) dont l'échelle unidimensionnelle estime de manière cohérente la présence à l'aide de trois items et, dans une certaine mesure, la contribution de Barfield, Baird et Bjorneseth (1998) qui estime la présence à l'aide d'un seul item (*How strong was your sense of presence (i.e. feeling like you were there) in the virtual environment?*), mais mesure également d'autres construits dans la même échelle (e.g. engagement sensoriel, transparence perçue des interfaces, facilité d'utilisation, réalisme, latence, implication à l'égard de la tâche, plaisir). Malgré tout, sur les plans conceptuel et méthodologique, Barfield, Baird et Bjorneseth (1998) laissent planer un doute relatif aux items mesurant la présence : « Un sous-ensemble de questions qui se rapporte logiquement à un construit qui semble représenter la « présence » telle que définie par de nombreux auteurs » (Barfield, Baird & Bjorneseth, 1998 : 92). En affirmant cela, ils admettent que les autres items mesurent également la présence.

En somme, comme le montre le tableau précédent, l'analyse de contenu des items souligne qu'à une, voire deux, exceptions près citées précédemment, soit certaines échelles ne mesurent pas seulement la présence mais également d'autres variables, donc ne mesurent pas à strictement parler la présence ; soit certaines ne mesurent pas la présence du tout. Certes, mesurer d'autres construits que la présence est intéressant, mais intituler, voire définir la présence en incluant des items qui ne relèvent pas strictement de la présence est problématique sur le plan de la validité de contenu.

Concernant la structure du construit, sur les 37 contributions analysées, 21 proposent une échelle unidimensionnelle et 16 une échelle multidimensionnelle. Sur les plans épistémologique et méthodologique, la question de savoir si la présence est un construit unidimensionnel ou multidimensionnel demeure une question de

recherche essentielle car la réponse à cette interrogation a des conséquences sur la validité de contenu et sur les qualités psychométriques de l'échelle. Comme le synthétise le tableau 1, une analyse de contenu permet de faire émerger plusieurs types d'items ou de thématiques présents au sein des échelles.

En se fondant sur les définitions de la présence proposées dans les études, il apparaît clairement que la définition largement consensuelle qui se dégage correspond à ce qui est identifié dans la littérature (e.g. Heeter, 1992 ; Nannipieri *et al.*, 2015) comme relevant de la stricte *présence personnelle* : la sensation d'être dans un environnement virtuel, c'est-à-dire le sentiment ou la sensation qu'éprouve l'utilisateur d'être dans l'environnement, à l'instar des expériences qu'il vit dans son environnement quotidien, ou lorsqu'il rêve, lorsqu'il imagine une scène ou lorsqu'il est sujet à des hallucinations par exemple. En effet, sur les 30 contributions proposant une définition de la présence, 23 font très explicitement référence à l'idée que l'utilisateur est à l'intérieur de l'environnement virtuel.

Sans entrer dans les détails des items proposés dans les études et des dimensions présentées dans le tableau, il est possible de prendre un exemple particulièrement significatif : celui du questionnaire de présence le plus utilisé dans la littérature, à savoir, celui élaboré par Witmer et Singer (1998) ou sa version réactualisée (Witmer, Jerome & Singer, 2005).

L'échelle de mesure intitulée « *presence questionnaire* (PQ) » proposée par ces auteurs s'appuie sur une définition consensuelle : « L'expérience subjective d'être dans un lieu ou un environnement, même lorsque l'on est physiquement situé dans un autre » (Witmer & Singer, 1998 : 225) mais propose, en réalité, des dimensions et des items relevant d'autres construits liés à la présence. Le nom, donné par les auteurs, à chaque dimension de la présence souligne qu'en réalité ce questionnaire – pourtant nommé « *presence questionnaire* (PQ) » – ne mesure pas la présence mais l'implication, la fidélité sensorielle, l'adaptation/immersion et la qualité de l'interface.

Par exemple, la qualité de l'interface ne mesure pas la présence – i.e. la sensation d'être dans un environnement – mais la qualité vécue de l'interface par l'utilisateur. Par ailleurs, la qualité de l'interface peut être une variable influençant la présence. Plus précisément, l'item « *How much did the visual display quality interfere or distract you from performing assigned tasks or required activities?* » (dimension « qualité de l'interface ») peut influencer le niveau de présence ressenti par l'utilisateur : par exemple, la littérature a montré, il y a longtemps déjà, que la précision des détails (Shim & Kim, 2003) ou l'étendue des couleurs (Barfield & Weghorst, 1993) augmentent le niveau de présence.

Ainsi, non seulement les dimensions et les items constitutifs du questionnaire de présence ne mesurent pas la présence au sens strict de la définition des auteurs de cette mesure, mais certaines dimensions pourraient constituer des antécédents de la présence (e.g. qualité de l'interface, fidélité sensorielle). En effet, le caractère unifié, cohérent de l'échelle de mesure proposée par les auteurs est contestable. Ce qui est, par ailleurs, attesté sur le plan statistique. En effet, les corrélations entre les dimensions sont, globalement, peu élevées puisqu'elles peuvent tendre vers +1 (corrélation positive maximale) ou vers -1 (corrélation négative maximale), voire non significatives, et peuvent révéler sur le plan statistique un manque d'unité théorique du concept de présence chez les auteurs (cf. figure 1).

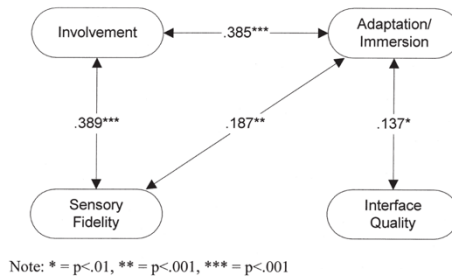


Figure 1. Corrélations entre les dimensions de la présence (Witmer, Jerome & Singer, 2005 : 308)

En somme, ces éléments d'analyse soulèvent deux interrogations – rhétoriques en réalité – fondamentales : est-ce que le « *presence questionnaire* » mesure un construit unifié et cohérent ? Est-ce que le « *presence questionnaire* » mesure la présence ?

C'est la raison pour laquelle Slater (1999), dans sa publication « *Measuring presence: A response to the Witmer & Singer presence questionnaire* » observe très justement que : « Le score global est la somme des réponses aux 32 questions. Notez qu'aucune des questions ne concerne directement la présence » (Slater, 1999 : 568). Or, comment mesurer la présence sans qu'aucun item du questionnaire interroge l'utilisateur à propos de sa présence, par exemple, en lui proposant d'indiquer son degré d'accord avec des items du type, par exemple « Durant l'expérience j'étais réellement dans l'environnement X » ? Par ailleurs, le fait que des corrélations existent au sein du construit (entre les items et les dimensions) « n'a rien à voir avec des relations empiriques autour de la question de la présence » (Slater, 1999 : 570) puisque aucun item ne fait explicitement référence à la présence telle qu'elle est définie par les auteurs eux-mêmes. En effet, il existe un écart important entre la définition de la présence proposée par Witmer et Singer (« L'expérience subjective d'être dans un lieu ou un environnement, même lorsque l'on est physiquement situé dans un autre », Witmer & Singer, 1998 : 225) et l'instrument de mesure que les auteurs proposent.

Or, à l'exception de l'étude de Lao, Martin et Jeanpert (2019) dont l'échelle estime de manière cohérente la présence, comme cela a été mentionné plus haut, les critiques adressées aux travaux de Witmer et ses collègues peuvent également être adressées – même si c'est dans une moindre mesure parfois – à toutes les autres contributions. Aucune d'entre elles ne mesure, en effet, à strictement parler, la présence entendue comme la sensation d'être dans un environnement virtuel.

Qui plus est, non seulement les items des contributions analysées peuvent ne pas mesurer la présence ou peuvent mesurer, dans une même dimension, la présence et d'autres construits. Or, si un construit peut être multidimensionnel, la formulation des items de chaque dimension doit satisfaire la validité de contenu de la dimension (i.e. mesurer la même chose) et des procédures statistiques doivent être réalisées pour chacune des dimensions qui sont, alors, considérées comme des sous-échelles de l'échelle totale. En outre, les items des contributions analysées peuvent mesurer des variables qui influencent la présence et ne sont donc pas des dimensions de la présence mais des déterminants de cette dernière. Par exemple, certaines variables mesurées par les items des échelles analysées ont un effet positif (causal) sur le degré de présence de l'utilisateur : la focalisation de l'attention (Witmer & Singer, 1998), l'agentivité (Nannipieri, 2018), la qualité de l'interface et,

en particulier, la faible latence (Sheridan, 1992 ; Witmer & Singer, 1998) ou la précision des détails (Shim & Kim, 2003), le réalisme de l'environnement (Dillon, Keog, Freeman & Davidoff, 2001 ; Witmer & Singer, 1998), la co-présence personnelle et, en particulier, la présence d'avatars (Biocca, Harms & Burgoon, 2003).

Par ailleurs, outre les limites liées à la validité nominale de contenu des échelles, les différentes méthodes de construction des échelles de mesure souffrent d'un manque de rigueur sur le plan statistique. Par exemple, même si le type de distribution des données n'est pas examiné, la quasi-totalité des tests utilisés dans ces contributions sont paramétriques.

Globalement, la construction d'une échelle de mesure doit satisfaire deux conditions qui peuvent être exprimées sous la forme de deux questions :

- Mesure-t-on ce que l'on cherche à mesurer (validité de construit) ?
- La mesure obtenue est-elle de qualité (fiabilité) ?

La première interrogation touche à la validité de la mesure. La seconde, à sa fiabilité. Le critère de validité est satisfait lorsqu'un instrument mesure effectivement ce que l'on cherche à mesurer. Le critère de fiabilité ou de fidélité est satisfait lorsque les résultats obtenus sont identiques lorsqu'ils sont produits à des moments différents dans des conditions similaires. (cf. figure 2).



Figure 2. Validité et fiabilité d'un instrument de mesure

Le tableau 1, présenté précédemment, propose, pour chaque contribution, le type d'analyse statistique utilisé dans le cadre de la création et de la validation d'une échelle de mesure de la présence. Même si des études utilisent des tests statistiques afin d'estimer des corrélations ou des relations causales entre la présence et d'autres variables, 18 contributions sur les 37 analysées n'ont recours à aucune analyse statistique permettant d'estimer, au préalable, la pertinence de l'échelle de mesure. Cela signifie que, selon les auteurs de ces études, les questions posées mesurent, de fait, ce qu'elles sont censées mesurer, à savoir, la présence. Il est possible, lorsqu'une échelle de mesure a été validée dans plusieurs études, dans des contextes variés, de se dispenser de vérifier de nouveau les qualités de l'échelle, mais il s'agit ici de créations d'échelles de mesure – qui n'ont donc pas été utilisées sous cette forme dans des études empiriques précédentes.

Les autres études (n = 19) utilisent un ou plusieurs de ces outils statistiques (cf. tableau 1) :

- Les corrélations existant entre chaque item (Correl. Items) mais également entre chaque item et la totalité des items (Correl. Items total),
- La procédure de test-retest qui consiste à estimer la fidélité ou fiabilité de l'échelle de mesure en administrant un même questionnaire à des moments différents (test-retest),
- Le calcul de l'alpha de Cronbach (1951) afin d'estimer la fidélité des échelles (α),

- Les analyses factorielles exploratoires (plus particulièrement l'analyse en composantes principales) qui permettent, dans un cadre, ici, d'études quantitatives visant à construire une échelle de mesure, de réduire ou résumer des données sous la forme de contributions à des axes factoriels ou dimensions (AFE),
- Les analyses factorielles confirmatoires qui permettent de tester la pertinence du modèle de mesure à l'aide de plusieurs indicateurs statistiques (AFC),
- La validité convergente (VC) et la validité discriminante (VD) qui permettent d'estimer l'adéquation entre la mesure et le modèle ou les hypothèses théoriques sous-jacents (Fornell & Larcker, 1981). Dans une échelle de mesure multidimensionnelle, les facteurs ou dimensions doivent avoir des corrélations entre eux plus élevées (validité convergente) que celles existant avec d'autres construits qui leurs sont plus éloignés sur le plan conceptuel (validité discriminante).

Sur les 37 questionnaires, la quasi-totalité des contributions ne suit pas un processus de construction d'échelle rationnel, argumenté et cherchant à s'appuyer sur plusieurs tests statistiques apportant chacun des éléments pourtant essentiels (e.g. fiabilité, validité). Par exemple, de nombreuses études n'utilisent pas d'analyse factorielle exploratoire permettant, par ailleurs, d'estimer le pourcentage de variance expliquée par le modèle de mesure ou pas, non plus, de mesures de la fidélité (e.g. Cronbach, 1951), encore moins d'analyses factorielles confirmatoires qui permettent d'estimer l'adéquation du modèle aux données, ni même de mesure des validités convergente et discriminante (Fornell & Larcker, 1981).

Pourtant, des procédures ou recommandations existent – depuis longtemps, telles que le paradigme de Churchill (1979) qui propose une procédure pour construire une échelle de mesure. Certes, cette procédure est longue et requiert l'utilisation de nombreux tests statistiques, mais elle permet d'augmenter la qualité d'une échelle de mesure sur le plan statistique.

Plus précisément, cinq contributions (Baños *et al.*, 2000 ; Gackebach & Rosie, 2011 ; Kim & Biocca, 1997 ; Lombard, Ditton & Weinstein, 2009 ; Witmer & Singer, 1998 / Witmer, Jerome & Singer, 2005) utilisent une analyse factorielle exploratoire mais pas d'analyse factorielle confirmatoire.

Par exemple, Baños *et al.* (2000) utilisent une analyse factorielle exploratoire avec une rotation Varimax (qui permet une meilleure interprétation des contributions des items sur les axes factoriels), mais les trois facteurs qui émergent expliquent en totalité seulement 53.23% de la variance, ce qui est faible. Par ailleurs, même si les auteurs définissent la présence comme « L'expérience d'une personne lorsqu'elle se trouve dans un environnement virtuel d' « être là » ou l'expérience subjective d'être dans un endroit ou un environnement, même lorsque vous êtes physiquement situé dans un autre », le construit inclut trois dimensions ou facteurs : réalisme (24,78% de variance expliquée) correspondance interne/externe (17% de variance expliquée) et attention/absorption (11,5% de variance expliquée). Or, en faisant, par exemple, un focus sur la dimension « réalisme » qui inclut des items directement liés à la présence, il est possible de relever les points suivants dans l'étude de Baños *et al.* (2000) :

- L'analyse factorielle exploratoire montre que des items liés à la présence apportent une contribution à un axe factoriel : certaines contributions factorielles sont (justes) correctes (entre .543 et .819),
- Or, au sein de cet axe factoriel, les items ne mesurent pas que la présence ; seuls deux items mesurent, à strictement parler, la présence au sens de la définition utilisée par les auteurs eux-mêmes (cf. tableau 2) :

Items	Thèmes des items
<i>To what extent did the experience seem real to you?</i>	Crédibilité de l'expérience
<i>In your opinion, how was the quality of the images in the virtual world?</i>	Qualité des interfaces
<i>To what extent was what you saw in the virtual world similar to reality?</i>	Crédibilité de l'expérience
<i>How real did the virtual objects seem to you?</i>	Présence environnementale
<i>To what extent was what you experienced in the virtual world congruent to other experiences in the real world?</i>	Crédibilité de l'expérience
<i>To what extent did you feel you "went into" the virtual world?</i>	Présence personnelle
<i>To what extent did your interactions with the virtual world seem natural to you, like those in the real world?</i>	Transparence perçue des interfaces
<i>To what extent did you feel you "were" physically in the virtual world?</i>	Présence personnelle

Tableau 2. Items et thèmes de la dimension « réalisme » (Baños *et al.*, 2000)

La seule conclusion possible à tirer de l'analyse factorielle exploratoire conduite par les auteurs est la suivante : la crédibilité de l'expérience, la présence environnementale, la transparence du dispositif, la qualité de l'interface et la présence personnelle sont plus ou moins liées. Ce qui peut être intuitivement voire scientifiquement exact. En effet, ces différents items sont, *a minima*, corrélés, voire (mais rien ne permet ici de l'affirmer) sont liés par une relation causale. Mais il est impossible de déduire de cette analyse factorielle que la dimension intitulée par les auteurs « réalisme » – et encore moins le construit subsumant les trois dimensions – manifeste une quelconque unité sur le plan théorique, ni même sur le plan de l'expérience vécue par l'utilisateur.

Pour prendre un exemple un peu caricatural, l'examen des liens entre le niveau en mathématique d'élèves âgés de 5 à 15 ans et la pointure de leurs chaussures montrera qu'il existe une corrélation entre ces deux variables : la taille des pieds des élèves varie avec leur niveau en mathématique. Or, malgré cette corrélation, ces deux variables ne sont pas liées directement entre elles et ne constituent pas un construit unifié.

Seules cinq contributions utilisent un processus statistique de construction d'échelle quasi-complet (Fornerino, Helme-Guizon & Gotteland, 2008 ; Georgiou & Kyza, 2017 ; Lao, Martin & Jeanpert, 2019 ; Nannipierie *et al.*, 2015 ; Schubert, Friedmann & Regenbrecht, 2001). Cependant, comme cela a été noté précédemment, à l'exception de l'étude de Lao, Martin et Jeanpert (2019) qui mesure la présence sur la base de trois items cohérents avec la définition consensuelle de la présence, les cinq autres études ne proposent pas un ensemble cohérent d'items en regard de la définition de la présence.

Par exemple, Georgiou et Kyza (2017) s'appuient sur les items suivants :

- « *The activity felt so authentic that it made me think that the virtual characters/objects existed for real* »,
- « *I felt that what I was experiencing was something real, instead of a fictional activity* »,
- « *I was so involved in the activity, that in some cases I wanted to interact with the virtual characters/objects directly* »,
- « *I was so involved, that I felt that my actions could affect the activity* ».

En effet, l'ensemble des items ne mesure pas *stricto sensu* la présence en regard de la définition proposée par Georgiou et Kyza (« Le sentiment de se sentir entouré d'un environnement physique/virtuel mixte mais réaliste », Georgiou & Kyza, 2017 : 28), mais mesurent la présence environnementale, l'implication et la présence comportementale. Ainsi, non seulement ces items ne mesurent pas la présence,

mais, en outre, ils mesurent des variables susceptibles d'être corrélées à la présence, voire susceptibles d'influencer la présence.

Dans le même sens, Schubert, Friedmann et Regenbrecht (2001) proposent un ensemble d'items liés à la présence. Les auteurs appellent ce construit « présence spatiale » qui est, pour eux, « la définition classique de la présence » (Schubert, Friedmann & Regenbrecht, 2001 : 11) et mesurent ce construit sur la base des items suivants :

- « *In the virtual environment I had a sense of being there* »,
- « *I felt present in the virtual space* »,
- « *I had a sense of acting in the virtual space instead of operating something from the outside* ».

Malgré le caractère apparemment unifié sur le plan théorique de cet ensemble d'items, le troisième item ne mesure pas la présence, mais la présence comportementale : il mesure la sensation ou le sentiment d'agir dans l'environnement virtuel mais pas la sensation d'être dans l'environnement virtuel. Or, la sensation d'être quelque part (dans un environnement réel ou virtuel) diffère de la sensation d'agir dans un environnement, ne serait-ce que parce qu'il est possible de se sentir présent quelque part sans pour autant faire quelque chose.

En somme, l'analyse des 37 contributions permet de souligner plusieurs éléments mettant en lumière une certaine inconsistance des échelles de mesures de la présence fondées sur un questionnaire administré post-exposition :

- La présence est consensuellement définie comme la sensation d'être dans un lieu dans lequel l'utilisateur n'est pas réellement, ce qui signifie que la présence est une *présence personnelle* (l'utilisateur se sent présent),
- Malgré ce consensus, la présence peut être mesurée sur la base d'échelles de mesures unidimensionnelles ou multidimensionnelles,
- Malgré ce consensus, certaines mesures de la présence n'utilisent aucun item mesurant directement la sensation de présence,
- Malgré ce consensus, une même échelle (unidimensionnelle) ou une même dimension (dans le cas d'échelles multidimensionnelles) peut proposer des items mesurant la présence et des items mesurant d'autres construits,
- Malgré ce consensus, certaines dimensions et/ou certains items mesurent des construits qui sont, en réalité, des variables antécédentes de la présence,
- Sur le plan méthodologique, une très large majorité d'études (32 sur 37) s'appuie sur des traitements statistiques incomplets voire inexistantes,
- Toujours sur le plan méthodologique, l'utilisation de traitements statistiques (même incomplets) semble se substituer à une exigence d'analyse conceptuelle préalable nécessaire à la construction des mesures : la quasi-totalité des études recourant à des tests statistiques paraît accorder un crédit presque aveugle aux résultats statistiques.

3 Les limites de la mesure de la présence : une approche empirique

Afin d'apporter une contribution, sur le plan, cette fois-ci, empirique, à la mise en évidence des inconsistances des échelles de mesures, il est possible de recourir à une méthode proche du raisonnement par l'absurde. Il s'agit, concrètement, de prouver qu'une procédure statistique, même puissante sur le plan des outils utilisés, ne permet pas, seule, d'attester de la pertinence d'une mesure.

L'analyse des contributions a permis de souligner le fait que la quasi-totalité des questionnaires de présence souffrait, dans une certaine mesure, d'incohérence :

au sein d'une échelle unidimensionnelle ou, parfois, au sein d'une dimension d'une échelle, les items mesurent des construits différents. Malgré tout, les analyses statistiques conduisent les auteurs à valider l'échelle en dépit de limites relatives à leur validité de contenu. Par ailleurs, les échelles multidimensionnelles consistent, dans leur principe même, à construire des instruments de mesure qui subsument des facteurs liés entre eux par des corrélations. L'hypothèse que nous formulons est la suivante : si nous substituons à des corrélations, des liens de causalité en conservant des variables identiques et que les qualités statistiques des deux modèles sont équivalentes, alors les deux modèles doivent être rejetés. Il s'agit, ainsi, d'examiner la réfutabilité (Popper, 1973) de ces modèles en les comparant (cf. figure 3).

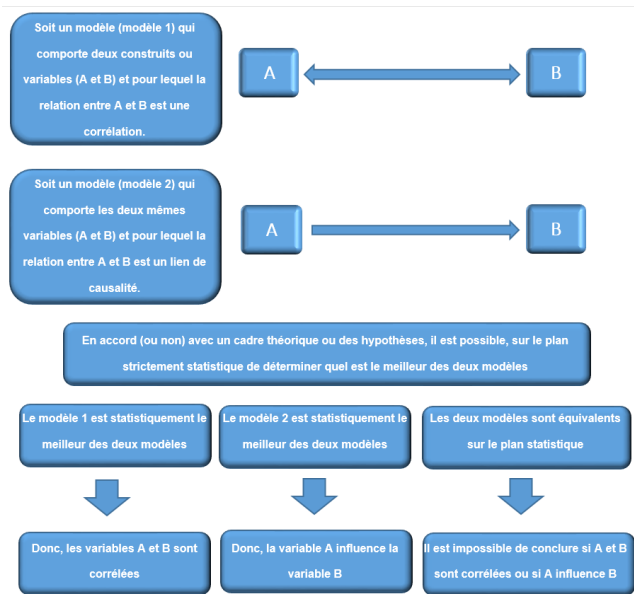


Figure 3. Méthodologie

Ce qui apparaît clairement dans ce schéma, c'est la nécessité de comparer des modèles alternatifs ou, pour le formuler de manière plus générique, de recourir à une méthode permettant de falsifier les résultats. En effet, une étude qui se contente d'estimer les qualités statistiques du modèle 1 et de conclure, si les qualités sont estimées suffisantes, que les variables A et B sont corrélées, est, sur les plans épistémologique et méthodologique, contestable sauf si, au préalable, sur le plan conceptuel (définitions, cadre théorique...) un travail d'analyse approfondi a été réalisé. Or, quand bien même ce travail préalable d'analyse conceptuelle a été réalisé, rien ne garantit au chercheur qu'un modèle alternatif intégrant les mêmes construits ne serait pas plus pertinent. En ce sens, pour valider les résultats de l'étude, il serait nécessaire d'estimer un ou des modèles alternatifs (ou modèles dit respectifiés) fondés, par exemple, sur d'autres cadres théoriques ou hypothèses, en l'occurrence, qui pourraient conduire à un modèle au sein duquel A et B seraient liés par une relation de cause à effet mais ne seraient pas liés par une corrélation. Or, si les deux modèles sont, sur le plan de leurs qualités statistiques, équivalents, il est nécessaire

de conclure que ni le modèle 1, ni le modèle 2 ne sont pertinents puisqu'ils sont impossibles (Leibniz, 1770).

Si ces modèles paraissent, considérés isolément, comme satisfaisants, c'est seulement parce qu'ils ont des indicateurs statistiques satisfaisants tout en étant, dans une certaine mesure, inconsistants sur le plan théorique.

Afin d'appliquer cette méthode de comparaison de modèles permettant d'en estimer leur réfutabilité, deux modèles (partiels évidemment) de l'expérience utilisateur centrée sur la présence sont examinés (cf. figure 4).

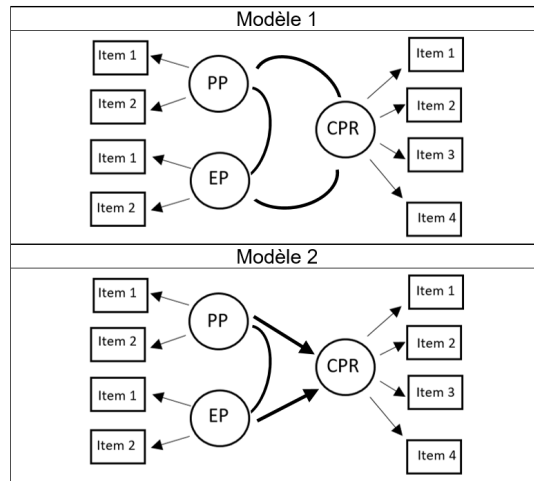


Figure 4. Les deux modèles alternatifs

Le premier modèle pose l'hypothèse que la présence personnelle (PP) est corrélée avec la présence environnementale (EP), lesquelles sont, chacune, corrélées avec les changements perçus dans l'environnement réel après exposition à un environnement immersif (CPR). Pour le formuler autrement, la sensation d'être dans l'environnement (PP) est corrélée avec la sensation que cet environnement existe réellement (EP) et ces variables sont elles-mêmes corrélées avec la sensation que la réalité a changé suite à l'expérience (CPR).

Le second modèle pose l'hypothèse que la présence personnelle (PP) est corrélée avec la présence environnementale (EP), lesquelles sont, chacune, des variables influençant la perception qu'a l'utilisateur de la réalité suite à l'expérience vécue (CPR).

Intuitivement parlant au moins, il apparaît que le modèle 1 semble souffrir, dans une certaine mesure, d'une inconsistance sur le plan théorique, surtout lorsqu'il est comparé au second modèle. En effet, sur le plan de la chronologie des événements, la variable CPR est nécessairement postérieure à l'apparition des variables PP et EP.

Afin de proposer une analyse statistique relativement complète, les trois construits (PP, EP et CPR) ont fait l'objet d'un examen concernant la structure factorielle exploratoire (analyse en composantes principales avec rotation des axes factoriels – Varimax), la fiabilité (alpha de Cronbach), la structure factorielle confirmatoire et une modélisation par les équations structurelles (pour le modèle 2

qui propose une relation de causalité). Afin de réaliser ces analyses, une liste d'items mesurant chacune des trois variables latentes a été générée (cf. tableau 3).

Le questionnaire s'est fondé sur le souvenir d'une expérience marquante pour l'utilisateur impliquant une expérience immersive (par l'imagination, à la lecture d'un roman, au cinéma, dans un jeu vidéo, dans un univers persistant en ligne ou dans un environnement virtuel). L'échantillon, constitué de 108 individus âgés de 16 à 72 ans (60% de femmes et 40% d'hommes), est dit « de convenance » ce qui constitue une limite de l'étude.

Les items de la présence personnelle mesurent, *a priori*, bien l'expérience consistant, pour l'utilisateur, à se sentir à l'intérieur de l'environnement. Les items mesurant la présence environnementale, c'est-à-dire la mesure selon laquelle l'environnement virtuel existe réellement durant l'expérience, expriment, *a priori*, bien ce qu'ils sont sensés mesurer. Néanmoins, même si le fait de se sentir présent dans un environnement et le fait de croire que cet environnement existe sont deux jugements différents, puisque le premier porte sur l'utilisateur lui-même et le second porte sur l'environnement, il est probable qu'ils soient interdépendants, donc corrélés, voire, liés par une relation causale – relation qui ne pourra faire l'objet d'une analyse compte-tenu des contraintes légitimes de publication en termes de nombre de pages.

Afin de s'assurer que la structure factorielle émergeant sur le plan statistique s'accorde avec la distinction *a priori* des trois construits, une analyse factorielle exploratoire a été conduite sur l'ensemble des items sans distinction. L'analyse en composantes principales avec rotation oblique fait bien émerger trois facteurs différents avec des contributions d'items élevées pour chaque construit. Même si ces deux construits sont liés l'un à l'autre, les contributions factorielles des items sont distinctement distribuées autour de chaque facteur ce qui signifie que les répondants ont clairement compris la différence entre ces deux types de présence.

La variance totale expliquée est très satisfaisante (82.14%) et chaque construit a un niveau de fiabilité également très satisfaisant (> .849).

Construits	Items	Fact 1	Fact 2	Fact 3	α
Présence personnelle (PP)	J'étais dans l'environnement (PP1)	.015	.904	.268	.888
	J'étais immergé dans l'environnement (PP2)	.013	.949	.058	
Présence environnementale (PE)	C'était la réalité pour moi (EP1)	.000	.089	.934	.849
	Cet environnement était réel pour moi (EP2)	.057	.212	.904	
Changements perçus dans la réalité après exposition (CPR)	Après cette expérience, la réalité était différente (CPR1)	.883	.038	.026	.880
	Après cette expérience, le monde autour de moi avait changé (CPR2)	.884	.092	.040	
	Après cette expérience, la réalité me semblait différente (CPR3)	.862	-.073	.018	
	Après cette expérience, le monde autour de moi semblait avoir changé (CPR4)	.838	-.006	.001	
	Valeurs propres	3,05	2,32	1,19	
	% Variance	38,12	29,01	14,99	
	% Total var.	82,14			

Tableau 3. *Construits, items, contributions factorielles et fiabilité (n = 108)*

Afin d'assurer également sur le plan exploratoire que ces construits sont satisfaisants, deux autres analyses en composantes principales sont réalisées en distinguant, cette fois-ci, les construits relatifs à la présence (PP et EP) et CPR car ce dernier construit est, dans le modèle 2, non pas corrélé avec PP et EP, mais est posé comme un effet de ces deux variables (cf. tableau 4).

Items	Facteur 1	Facteur 2	α	α 4 items
PP1	-.830	-.446	.888	.743
PP2	-.716	-.628		
EP1	-.722	.598	.849	
EP2	-.788	.493		
Eigenvalues	2,347	1,19605		
% Variance	58,677	29,901		
% Total var.	88,579			

Tableau 4. Analyse factorielle exploratoire des deux construits liés à la présence ($n = 108$)

En dépit d'un pourcentage de variance élevé (88.579%) et d'une fiabilité (à peine) correcte (.743), deux items (PP2 and EP1) contribuent aux deux facteurs qui ont émergé et les deux autres (PP1 et EP2) contribuent respectivement au facteur 1 et au facteur 2. Cela signifie qu'une échelle de la présence mélangeant les items de la présence personnelle et de la présence environnementale n'est pas satisfaisante, ce qui est cohérent par rapport au postulat théorique que nous défendons selon lequel la présence personnelle n'est pas la présence environnementale ne serait-ce que parce qu'elles ont des définitions différentes. Cela suggère, en effet, que si la présence personnelle est liée à la présence environnementale, ces deux construits ne mesurent pas, pour autant, la même chose. Afin de préciser ces résultats, une seconde analyse en composantes principales est conduite en distinguant, cette fois-ci, les trois construits (Cf. tableau 5) :

Présence personnelle			Présence environnementale			Changements perçus de la réalité après exposition		
Items	Facteur 1	α	Items	Facteur 1	α	Items	Facteur1	α
PP1	.942	.888	EP1	.932	.849	CPR1	-.884	.880
PP2	.942		EP2	.932		CPR2	-.886	
Valeurs propres	1,776	Valeurs propres	1,740	CPR3	-.861			
% Variance	88,825	% Variance	87,035	CPR4	-.838			
Moyenne (1-5)	4,009	Moyenne (1-5)	3,217	Valeurs propres	3,014			
				% Variance	75,351			
				Moyenne (1-5)	2,458			

Tableau 5. Analyse factorielle exploratoire de chaque construit examiné indépendamment ($n = 108$)

Les trois échelles sont constituées par des items dont la contribution factorielle est élevée (de -.838 à .942). La fiabilité de chaque mesure est également satisfaisante (de .880 à .888). L'examen des valeurs propres confirme l'existence d'un seul facteur par échelle. Enfin, le pourcentage de variance pour chaque construit est tout à fait satisfaisant (de 75,351% à 88,825%).

Sur la base de ces analyses factorielles exploratoires, il est possible d'estimer la pertinence du modèle 1 sur la base d'une analyse factorielle confirmatoire et la pertinence du modèle 2 sur la base d'un modèle d'équations structurelles.

Les deux procédures statistiques quoique différentes (puisque la première ne comprend que des corrélations alors que la seconde comprend une corrélation et

deux liens de causalité) s'appuient sur la même méthode d'estimation statistique appliquée à la matrice de variance/covariance : le maximum de vraisemblance. Qui plus est, les mêmes indicateurs statistiques sont disponibles pour les deux méthodes.

Concrètement, le principe de l'analyse factorielle confirmatoire et des équations structurelles est le suivant : il est nécessaire, dans un premier temps (avant d'examiner la nature et le degré des liens existant entre les variables), d'estimer si le modèle est satisfaisant sur le plan statistique. La littérature considère, en effet, de manière consensuelle qu'un certain nombre d'indicateurs permettent d'estimer la pertinence d'un modèle en fonction de seuils empiriques éprouvés dans les études (e.g. Roussel *et al.*, 2002).

Concernant les indicateurs de la qualité d'ajustement du modèle, même si la statistique du Chi2 n'est pas une valeur absolue mais relative, il est généralement admis qu'un Chi2 le plus faible possible et qu'un Chi2 divisé par le nombre de degrés de liberté inférieur à cinq est satisfaisant.

Le RMSEA (Root Mean Squared Error of Approximation) est une statistique qui rend compte de la mesure dans laquelle le modèle testé s'approche de la matrice de covariance de la population. Empiriquement, il est considéré qu'un RMSEA < .08 est satisfaisant.

Le GFI (Goodness of Fit Index) et l'AGFI (Adjusted Goodness of Fit Index) expriment le pourcentage de variance/covariance expliqué par le modèle. Les seuils empiriques d'acceptabilité doivent être, pour le GFI et l'AGFI, > .9.

Quant au RMSR (Root Mean Square Residual), il constitue un indice de la valeur moyenne des résidus du modèle, c'est-à-dire des erreurs observées. Il doit être <.08.

Le tableau suivant présente les résultats exprimant (dans les deux colonnes de droite), la pertinence du modèle sur le plan statistique et (dans la ligne suivant le modèle) le niveau (théoriquement de -1 à +1) des corrélations ou des liens de causalité entre les variables : des variables ont un lien (plus ou moins significatif : cf. la valeur de *p* : 0.001) soit négatif, soit positif, que ce soit en termes de corrélation ou de causalité (cf. tableau 6).

Modèle 1 : 3 corrélations		Indicateurs	Résultats
		Chi2 (p)	39.831 (p = 0.001)
		Chi2 / df	2.343
		Rmse	.099
		Gfi	.934
		Agfi	.829
		Rmsr	.049
		PP-EP: .375 (p = .000) PP-CPR: ns EP-CPR: .224 (p = .022)	
Modèle 2 : 1 corrélation et 2 liens causaux		Indicateurs	Résultats
		Chi2 (p)	39.831 (p = 0.001)
		Chi2 / df	2.343
		Rmse	.099
		Gfi	.924
		Agfi	.839
		Rmsr	.049
		PP-EP: .375 (p = .000) PP→CPR: ns EP→CPR: .187 (p = .038)	

Tableau 6. Résultats des modèles 1 et 2 (n = 108)

Les indicateurs statistiques sont satisfaisants pour les deux modèles puisqu'ils respectent les seuils empiriques. Même si les AGFI sont légèrement en-deçà du seuil fixé, compte tenu de taille réduite de l'échantillon et de la sensibilité de cet indice à la taille de l'échantillon, les résultats peuvent être considérés comme acceptables.

Qui plus est, les résultats pour chaque indicateur sont identiques à l'exception d'une différence négligeable concernant le GFI et l'AGFI respectifs des modèles.

En conséquence, sur la base de l'examen de la pertinence des deux modèles alternatifs sur le plan strictement statistique, il est impossible de décider quel est le meilleur modèle. Sans de fortes présomptions théoriques (e.g. cadres théoriques, hypothèses argumentées sur la base de la littérature), il est impossible, par exemple, de dire si CPR est corrélé à EP ou si EP influence CPR.

4 Conclusion

Concernant la présence, l'analyse de la littérature souligne le fait qu'il existe une confusion entre la sensation de présence (i.e. le fait de se sentir présent dans un environnement) et d'autres dimensions subsumées par l'expérience d'un utilisateur exposé à un environnement immersif. Or, la définition consensuelle émergeant de la littérature devrait, sur le plan sémantique, se traduire par des items relevant strictement de la présence personnelle (« la sensation d'être là »).

Par ailleurs, la présence peut constituer une partie plus ou moins importante de l'expérience utilisateur. Tout comme la présence environnementale, la crédibilité de l'expérience, l'implication peuvent, également, constituer des éléments ou des dimensions de cette expérience globale. Car, en effet, l'expérience utilisateur ne peut être résumée ou réduite à la sensation de présence quand bien même cette sensation aurait un rôle essentiel au sein de cette expérience. Subsumer les dimensions de l'expérience immersive sous le nom et la définition de la présence constitue, ainsi, un raccourci sur le plan conceptuel. Raccourci qui a, évidemment, des répercussions sur la mesure du construit.

En effet, il est, sur le plan technique, pertinent de créer des instruments de mesure qui offrent une expression quantitative à un concept (i.e. à sa définition). Il est, par ailleurs, essentiel, sur le plan scientifique, d'estimer la pertinence d'un outil de mesure. En revanche, il n'est pas pertinent de laisser des procédures statistiques décider pour le chercheur si le modèle testé est pertinent : ce n'est pas parce que les indicateurs statistiques sont satisfaisants que la mesure est pertinente, qui plus est, lorsque la définition du construit ne correspond pas aux indicateurs qui le mesurent, en l'occurrence, aux items d'une échelle de mesure.

En somme, cet examen des contributions relatives à l'élaboration d'une échelle de mesure de la présence, prolongé par une étude empirique, engage à rappeler deux exigences communes à toute démarche scientifique.

La première consiste à insister sur le fait que la validité de contenu est fondamentale dans toute recherche qui ambitionne de créer un instrument de mesure d'un construit. Sur le plan théorique, il est nécessaire de construire des items de mesure d'un questionnaire dérivant directement et strictement de la définition du construit.

La seconde consiste à insister sur le fait que les indicateurs statistiques même les plus puissants, ne sont qu'une condition nécessaire aux approches quantitatives mais ne constituent pas une condition suffisante.

En conclusion, des recherches futures pourraient tenter de contribuer à la construction d'une échelle de mesure de la présence conforme à sa définition et, par conséquent, réduite à la stricte mesure de la présence personnelle.

Par ailleurs, les futures recherches devraient veiller à la validité nomologique (Evrard *et al.*, 2009) de cette mesure, à savoir l'estimation de relations (corrélations, liens causaux) entre cette mesure et la mesure d'autres construits dont la validité a déjà été éprouvée empiriquement et qui lui sont, sur le plan théorique, liés (e.g. flow, agentivité).

Enfin, cette validité externe pourrait s'appuyer sur une approche plurielle en termes d'instruments de mesure. En l'occurrence, s'agissant de la présence, d'autres méthodes de mesure sont utilisées et pourraient être comparées aux résultats d'une échelle de mesure de la présence (personnelle). Car les recherches cherchant à corrélérer des mesures par questionnaire avec des mesures utilisant d'autres méthodes ont recours à des échelles de la présence existantes mais, comme cela l'a été montré, qui souffrent de limites tant sur le plan de la validité de contenu que sur celui des méthodes statistiques. Ainsi, le degré de présence mesuré par une échelle de la présence personnelle pourrait être comparé aux résultats obtenus sur la base de méthodes alternatives – même si ces méthodes ne sont pas exemptes de limitations. Des estimations qualitatives (e.g. Freeman & Avons, 2000 ; Nannipieri *et al.*, 2014 ; Wissmath, Weibel & Mast, 2009), des estimations durant l'exposition à l'aide d'un potentiomètre par exemple (e.g. IJsselsteijn *et al.*, 1998), des estimations cherchant à mesurer le degré d'adéquation entre le comportement de l'utilisateur et le comportement attendu dans le contexte d'immersion (e.g. Freeman *et al.*, 2000 ; Lepecq *et al.*, 2009 ; Ohmi, 1998) et des estimations qui mesurent la présence sur la base d'indicateurs physiologiques ou neurophysiologiques : la conductance cutanée (e.g. Gandy *et al.*, 2010 ; Nacke & Lindley, 2008 ; Peperkorn, Diemer & Mühlberger, 2015 ; Villani *et al.*, 2012 ; Wiederhold *et al.*, 2003), le flux sanguin cérébral (e.g. Alcaniz *et al.*, 2009), la fréquence cardiaque (e.g. Peperkorn, Diemer & Mühlberger, 2015 ; Wiederhold *et al.*, 2003), l'activité électrique des nerfs et des muscles faciaux (e.g. Nacke & Lindley, 2008), la température ou la respiration (e.g. Wiederhold *et al.*, 2003).

En somme, il s'agit moins de trouver l'instrument de mesure parfaitement adéquat à la présence, que de tenter d'approcher ce construit sur la base d'une pluralité de méthodes susceptibles, peut-être, de mettre en exergue, l'existence de dimensions ou de niveaux d'intégration sensori-moteurs, cognitif ou affectif et de réponses différents au sein même de la présence personnelle.

Bibliographie

Alcaniz, M., Rey, B., Tembl, J. & Parkhutik, V. (2009). A Neuroscience Approach to Virtual Reality Experience Using Transcranial Doppler Monitoring. *Presence*, 18, 2, April, 97-111.

Axelsson, A.-S., Abelin, A., Heldal, I., Schroeder, R. & Wideström, J. (2001). Cubes in the cube: A comparison of a puzzle-solving task in a virtual and a real environment. *CyberPsychology & Behavior*, 4, 2, 279-286.

Bailey, J., Bailenson, J.N., Won, A.S., Flora, J. & Armel, K.C (2012). Presence and memory: Immersive virtual reality effects on cued recall. *Proceedings of the International*

Society for Presence Research Annual Conference, October 24-26, Philadelphia, Pennsylvania, USA.

Baños, R., M., Botella, C., Garcia-Palacios, A., Villa, H., Perpiñá, C. & Alcaniz, M. (2000). Presence and reality judgment in virtual environments: A unitary construct? *CyberPsychology & Behavior*, 3, 3, 327-335.

Barfield, W., Baird, K., M. & Bjorneseth, O. J. (1998). Presence in virtual environments as a function of type of input device and display update rate. *Displays*, 19, 91-98.

Barfield, W. & Weghorst, S. (1993). The sense of presence within virtual environment: A conceptual framework. *Proceedings of the International Conference on Human-computer Interaction*, 5, 699-704.

Baus, O. & Bouchard, S. (2016). Exposure to an Unpleasant Odour Increases the Sense of Presence in Virtual Reality. In Baus, O., L'effet de l'exposition aux stimuli olfactifs sur le sentiment de présence en réalité virtuelle, *Thèse de doctorat en psychologie expérimentale*, Université d'Ottawa.

Besson, D. & Haddadj, S. (2003). Adaptation internationale des échelles de mesure entre universalisme et culturalisme : application à la mesure de l'environnement de l'entreprise, XIIème Conférence de l'Association Internationale de Management Stratégique, Carthage, 3-6 juin 2003.

Biocca, F., Harms, C. & Burgoon, J. K. (2003). Toward a more robust theory and measure of social presence: Review and suggested criteria. *Presence*, 12, 5, pp. 456-480.

Biocca, F., Kim, J. & Choi, Y. (2001). Visual touch in virtual environments: An exploratory study of presence, multimodal interfaces, and cross-modal sensory illusions. *Presence*, 10,3, 247-265.

Bonfils, P. (2007). Dispositifs socio-techniques et mondes persistants : quelles médiations pour quelle communication dans un contexte situé ?, *Thèse de doctorat en sciences de l'information et de la communication*, Université du Sud Toulon-Var.

Bouvier, P. (2009). La présence en réalité virtuelle, une approche centrée utilisateur. *Thèse de doctorat en informatique*, Université Paris Est.

Brockmyer, J., Fox, C., Curtiss, K., McBroom, E., Burkhart, K. & Pidruzny, J. (2009). The development of the Game Engagement Questionnaire: A measure of engagement in video game-playing, *Journal of Experimental Social Psychology*, 45, 4, 624-634.

Buttussi, F. & Chittaro, L. (2018). Effects of different types of virtual reality display on presence and learning in a safety training scenario. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 24, 2, 1063-1076.

Bystrom, K.-E. & Barfield, W. (1999). Collaborative Task Performance for Learning Using a Virtual Environment. *Presence*, 8,4, 435-448.

Cho, D., Park, J., Kim, G., J., Hong, S., Han, S. & Lee, S. (2003). The dichotomy of presence elements: The where and what. *IEEE Virtual Reality Proceedings*, 273-274.

- Chicchi Giglioli, I. A., Chirico, A., Cipresso, P., Serino, S., Pedroli, E., Pallavicini, F. & Riva, G. (2016). Feeling ghost food as real one: Psychometric assessment of presence engagement exposing to food in augmented reality. *Pervasive Computing Paradigms for Mental Health*, 99-109.
- Choi, H., Kim, R. & Kim, G., J. (2019). Presence, immersion and usability of mobile augmented reality. *International Conference On Human-Computer Interaction*.
- Churchill, G. A. (1979). A paradigm for developing better measures of marketing constructs. *Journal of Marketing Research*, 16, 1, 64-73.
- Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16, 3, 297-334.
- Csikszentmihalyi, M. (1990). Flow. *The psychology of optimal experience*, Harper & Row, NY.
- Deniaud, D. (2017). Optimiser la validité des comportements observés sur simulateur de conduite : Etude des interactions entre immersion, présence et comportement. *Thèse de doctorat en sciences cognitives*, Université Aix-Marseille II.
- Dillon, C., Keogh, E., Freeman, J. & Davidoff, J. (2001). Presence: Is your heart in it? *4th International Workshop on Presence*.
- Dinh, H., Q., Walker, N., Song, C., Kobayashi, A. & Hodges, L., F. (1999). Evaluating the importance of multi-sensory input on memory and the sense of presence in virtual environments. *Proceedings of the IEEE Virtual Reality*, Washington, DC, USA.
- Evrard, Y., Pras, B., Roux, E., Dussaix, A.-M. & Lilien, G. (2009). *Fondements et méthodes des recherches en marketing*. Dunod, Paris,.
- Fornell C., & Larcker D.F. (1981). Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error. *Journal of Marketing Research*, 18, 1, 39-50.
- Fornerino, M., Helme-Guizon, A. & Gotteland, D. (2008). Expériences cinématographiques en état d'immersion : effets sur la satisfaction. *Recherche et Applications en Marketing*, 23 (3), 93-111.
- Fortin, F. (1994). Propriétés métrologiques des instruments de mesure, *Recherche en soins infirmiers*, 39, Décembre, 58-62.
- Freeman, J. & Avons, S.E. (2000). Focus group exploration of presence through advanced broadcast services. *Proceedings of the SPIE, Human Vision and Electronic Imaging*, 3959-3976.
- Freeman, J., Avons, S.E., Meddis, R., Pearson, D.E. & IJsselsteijn, W.A. (2000). Using behavioural realism to estimate presence: A study of the utility of postural responses to motion stimuli. *Presence*, 9, 2, April, 149-164.
- Gackenbach, J. & Rosie, M. (2011). Presence in video game play and nighttime dreams: An empirical inquiry. *International Journal of Dream Research*, 4, 2, 98-109.
- Gandy, M., Catrambone, R., MacIntyre, B., Alvarez, C., Eiriksdottir, E., Hilimire, M. & McLaughlin, A. C. (2010). Experiences with an AR evaluation test bed:

- Presence, performance, and physiological measurement. *2010 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality*.
- Gorisse, G., Christmann, O. & Richir, S. (2018). De la présence à l'incarnation. *Interfaces numériques*, 7, 1, 94-114.
- Gerhard, M., Moore, D., J. & Hobbs, D., J. (2001). Continuous presence in collaborative virtual environments: Towards a hybrid avatar-agent model for user representation. *Proceedings of the Third International Workshop on Intelligent Virtual Agents (IVA '01)*, Springer-Verlag, London, UK, UK, 137-155.
- Georgiou, Y. & Kyza, E., A. (2017). The development and validation of the ARI questionnaire: An instrument for measuring immersion in location-based augmented reality settings. *International Journal of Human-Computer Studies*, 98, 24-37.
- Grassini, S. & Laumann, K. (2020). Questionnaire measures and physiological correlates of presence: a systematic review. *Frontiers in Psychology*, 11, art. 349.
- Hartmann, T., Wirth, W., Schramm, H., Klimmt, C., Vorderer, P., Gysbers, A., Böcking, S., Ravaja, N., Laarni, J., Saari, T., Gouveia, F. & Sacau, A.-M (2016). The Spatial Presence Experience Scale (SPES). A short self-report measure for diverse media settings. *Journal of Media Psychology*, 28, 1, 1-15.
- He, Z., Wu, L. & Li, X., R. (2018). When art meets tech: The role of augmented reality in enhancing museum experiences and purchase intentions. *Tourism Management*, 68, 127-139.
- Heeter, C. (1992). Being there: The subjective experience of presence. *Presence*, 1, 262-271.
- Hendrix, C. & Barfield, W. (1996). Presence within virtual environments as a function of visual display parameters. *Presence*, 5, 274 - 289.
- Hoffman, H. G., Hollander, A., Schroder, K., Rousseau, S. & Furness, T. (1998). Physically touching and tasting virtual objects enhances the realism of virtual experiences, *Virtual Reality*, 3, 4, 226-234.
- Ijsselstein, W. A., De Ridder, H., Freeman, J. & Avons, S., E. (2000). Presence: Concept, determinants and measurement. *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering*.
- Ijsselstein, W.A., De Ridder, H., Hamberg, R., Bouwhuis, D. & Freeman, J. (1998). Perceived depth and the feeling of presence in 3DTV. *Displays*, 18, 207-214.
- Ijsselstein, W., A., De Kort, T. & Poels, K. (2013). The Game Experience Questionnaire, Rapport, Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven.
- Jennett, C., Cox, A., L., Cairns, P., A., Dhoparee, S., Epps, A., Tijs, T., J. & Walton, A. (2008). Measuring and defining the experience of immersion in games. *International Journal of Human-Computer Studies*, 66, 641-661.
- Kan, P., Dünser, A., Billingham, M., Schönauer, C. & Kaufmann, H. (2014). The effects of direct and global illumination on presence in augmented reality. *Challenging Presence-Proceedings of 15th International Conference on Presence*.

- Kim, T. & Biocca, F. (1997). Telepresence via television: Two dimensions of telepresence may have different connections to memory and persuasion. *Journal of Computer-Mediated Communication*, 3, 2.
- Krauss, M., Scheuchepflug, R., Piechulla, W. & Zimmer, A. (2001). Measurement of presence in virtual environments. In A. Zimmer, K. Lange, K.-H. Bäuml, R. Loose, R. Scheuchepflug, O. Tucha, H. Schnell, & R. Findl (Eds), *Experimentelle Psychologie*, Lengerich: Pabst Science Publishers.
- Lao, A., Martin, A. & Jeanpert, S. (2019). Stimulation de la présence et des états affectifs par l'imagerie mentale. Une application aux visites en 3D versus 2D. *Théoros*, 38, 2.
- Larsson, P., Västfjäll, D. & Kleiner, M. (2001). The Actor-Observer Effect in Virtual Reality Presentations. *CyberPsychology & Behavior*, 4, 2, 239-246.
- Lee, K. M. (2004). Presence explicated. *Communication Theory*, 14, 1, 27-50.
- Leibniz, G. W. (1770). *Essais de théodicée*, Flammarion, Amsterdam, 1970.
- Lepecq, J.-C., Bringoux, L., Pergandi, J.-M., Coyle, T. & Mestre, D. (2009). Afforded actions as a behavioral assessment of physical presence in virtual environments. *Virtual Reality*, 13, 141-151.
- Lessiter, J., Freeman, J., Keogh, E. & Davidoff, J. (2001). A cross-media presence questionnaire: The ITC-Sense Of Presence Inventory. *Presence*, 10, 3, 282-297.
- Lin, J.J.- W., Duh, H.B.L., Parker, D.E., Abi-Rached, H. & Furness, T.A. (2002). Effects of field of view on presence, enjoyment, memory, and simulator sickness in a virtual environment. *Proceedings of Virtual Reality, IEEE*, 164-171.
- Lombard, M. & Ditton, T. (1997). At the heart of it all: The concept of presence. *Journal of Computer-Mediated Communication*, 3(2).
- Lombard, M., Ditton, T. B. & Weinstein, L. (2009). Measuring (tele)presence: The Temple Presence Inventory. *The Twelfth International Workshop on Presence*, Los Angeles, California, USA.
- Makransky, G., Lilleholt, L. & Aaby, A. (2017). Development and validation of the multimodal presence scale for virtual reality environments: A confirmatory factor analysis and item response theory approach. *Computers in Human Behavior*, 72, 276-285.
- Mestre, D. & Fuchs, P. (2001). Immersion et présence , in *Le traité de la réalité virtuelle*, tome 1, Presses de l'École des Mines de Paris, Paris, 309-338.
- Muratore, I. & Nannipieri, O. (2016). L'expérience immersive d'un jeu promotionnel en réalité augmentée destiné aux enfants. *Décisions Marketing*, 81, 2016.
- Murray, C., Arnold, P. & Thornton, B. (2000). Presence accompanying induced hearing loss: Implications for immersive virtual environments. *Presence*, 9, 137-148.
- Nacke, L. & Lindley, C. A. (2008). Flow and immersion in first-person shooters: Measuring the player's gameplay experience. *FuturePlay 2008*, November 3-5, Toronto, Canada.

- Nannipieri, O. (2018). Agentivité et présence dans les environnements virtuels. *Interfaces Numériques*, 7, 1, 77-93.
- Nannipieri, O., Muratore, I., Mestre, D. & Lepecq, J.C., (2014). La présence dans la réalité virtuelle : quand la frontière se fait passage, *Colloque Frontières numériques*, Fès, Maroc, 17-18 novembre.
- Nannipieri, O., Muratore, I., Dumas, P. & Renucci, F. (2015). Immersion, subjectivité et communication. In *Technologies, communication et société*, Editions l'Harmattan.
- Nichols, S., Haldane, C. & Wilson, J. R. (2000). Measurement of presence and its consequences in virtual environments. *International Journal of Human-Computer Studies*, 52, 3, 471-491.
- Nowak, K. L. & Biocca, F. (2003). The effect of the agency and anthropomorphism on users' sense of telepresence, copresence, and social presence in virtual environments. *Presence*, 12, 5, 481-494.
- Ohmi, M. (1998). Sensation of self-motion induced by real-world stimuli. Selection and integration of visual information. *Proceedings of the International Workshop on Advances in Research on Visual Cognition*, Tsukuba, Japan, December 8-11, 1997, 175-181.
- Peperkorn, H. M., Diemer, J. & Mühlberger, A. (2015). Temporal dynamics in the relation between presence and fear in virtual reality. *Computers in Human Behavior*, 48, 542-547.
- Persky, S. & Blascovich, J. (2008). Immersive virtual video game play and presence: Influences on aggressive feelings and behavior. *Presence*, 17, 1, February, 57-72.
- Popper, K. *La logique de la découverte scientifique*, Payot, Paris, 1973.
- Prévost, R. (2019). La propension à l'immersion, les attitudes envers la technologie et l'anxiété ressentie durant l'immersion comme facteurs associés au sentiment de présence chez les aînés anxieux à propos de leur santé. *Thèse de doctorat en psychologie*, Université de Montréal.
- Price, M., Mehta, N., Tone, E. B. & Anderson, P. L. (2011). Does engagement with exposure yield better outcomes? Components of presence as a predictor of treatment response for virtual reality exposure therapy for social phobia. *Journal of Anxiety Disorders*, 25, 6, 763-770.
- Prothero, J., D, Hoffman, H.G., Parker, D.E., Furness T.A. & Wells, M.J. (1995). Foreground/background manipulations affect presence. *Proceedings of Human Factors and Ergonomics Society 39th Annual Meeting*, 1410-1414.
- Psotka, J. & Davison, S., (1993). Cognitive factors associated with immersion in virtual environments. *Rapport, U. S. Army Research Institute and Catholic University* (unpublished paper).
- Ratan, R., A. & Hasler, B. (2009). Self-presence standardized: Introducing the Self-Presence Questionnaire (SPQ). *Proceedings of the 12th annual international workshop on presence*, 81.

- Roussel, P., Durrieu, F., Campoy, C. & El Akremi, A. (2002). *Méthodes d'équations structurelles : Recherche et applications en gestion*. Economica, Paris,.
- Roy, M. (2014). Sentiment de présence et réalité virtuelle pour les langues – Une étude de l'émergence de la présence et de son influence sur la compréhension de l'oral en allemand langue étrangère », *Alsic* [On line],17.
- Sas, C. & O'Hare, G. (2001). The Presence Equation: An Investigation into Cognitive Factors Underlying Presence. University College Dublin, Dept. of Computer Science. UK.
- Schroeder, R., Steed, A., Axelsson, A.-S., Heldal, I., Abelin, Å., Wideström, J., Nilsson, A. & Slater, M. (2001). Collaborating in networked immersive spaces: As good as being together? *Computers & Graphics*, 25, 781-788.
- Schuemie, M., J., Van Der Straaten, P., Krijn, M. & Van Der Mast, C., A., P., G. (2001). Research on presence in virtual reality: A survey. *Cyberpsychology & Behavior*, 4, 2, 183-202.
- Schubert, T., Friedmann, F. & Regenbrecht, H. (1999). Embodied presence in virtual environments. In Paton, R. & Neilson, I. (Eds.), *Visual representations and interpretations*. (pp. 269-278). London: Springer-Verlag.
- Schubert, T., Friedmann, F. & Regenbrecht, H. (2001). The experience of presence: Factor analytic insights. *Presence*, 10(3), 266-281.
- Schwind, V., Knierim, P., Haas, N. & Henze, N. (2019). Using presence questionnaires in virtual reality. *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '19*.
- Sheridan, T. B. (1992). Musings on telepresence and virtual presence. *Presence*, 1, 1, 120-125.
- Shim, W. & Kim, G. J. (2003). Designing for presence and performance: The case of the virtual fishtank. *Presence*, 12, 374-386.
- Shubber, Y. (1998). Les réalités virtuelles et la présence: de la conceptualisation à l'opérationnalisation. *Recherches en communication*, 10.
- Slater, M. (1999). Measuring presence: A response to the Witmer and Singer presence questionnaire. *Presence*, 8, 5, 560-565.
- Slater M., Sadagic A. & Schroeder R. (2000). Small-group behavior in a virtual and real environment: a comparative study. *Presence*, 9, 1, 37-51.
- Slater, M., Usoh, M. & Steed, A. (1994). Depth of presence in virtual environments. *Presence*, 3, 130-144.
- Stevens, B., Jerrams-Smith, J., Heathcote, D. & Callear, D. (2002). Putting the virtual into reality: Assessing object-presence with projection-augmented models. *Presence*, 11, 1, 79-92.
- Tcha-Tokey, K., Richir, K., Loup, G., Loup-Escande & Christmann, O. (2018). Towards a model of user experience in immersive virtual environments. *Advances in Human-Computer Interaction*, Article ID 7827286, 10 pages.

- Van Baren, J. & IJsselsteijn, W. A. (2004). Measuring presence: A guide to current measurement approaches. *OmniPres project IST-2001-39237*.
- Villani, D., Repetto, C., Cipresso, P. & Riva, G. (2012). May I experience more presence in doing the same thing in virtual reality than in reality? An answer from a simulated job interview. *Interacting with Computers*, 24, 265-272.
- Vorderer, P., Wirth, W., Gouveia, F. R., Biocca, F., Saari, T., Jäncke, F., Böcking, S., Schramm, H., Gysbers, A., Hartmann, T., Klimmt, C., Laarni, J., Ravaja, N., Sacau, A., Baumgartner, T. & Jäncke, P. (2004). MEC spatial presence questionnaire (MECSPQ): Short documentation and instructions for application. *Report to the European Community, Project Presence: MEC (IST-2001-37661)*. Available from <http://www.ijk.hmt-hannover.de/presence>.
- Welch, R.B., Blackmon, T.T., Liu, A., Mellers, B. & Stark, L.W. (1996). The effects of pictorial realism, delay of visual feedback, and observer interactivity on the subjective sense of presence. *Presence*, 5, 263–273.
- Wiederhold, B. K., Jang D. P., Kaneda, M., Cabral, I., Lurie, Y., May, T., Kim, I. Y., Wiederhold, M., D. & Kim, S. I. (2003). An investigation into physiological responses in virtual environments: An objective measurement of presence. In Riva, G., & Galimberti, C. (Eds.), *Towards CyberPsychology: Mind, Cognitions and Society in the Internet Age*, Amsterdam, IOS Press, 175-183.
- Wissmath, B., Weibel, D. & Mast, F. W. (2009). Measuring presence with verbal versus pictorial scales: A comparison between online and ex post-ratings. *Virtual Reality*, 14, 1, 43–53.
- Witmer, B., G. & Singer, M., J. (1998). Measuring presence in virtual environments: A presence questionnaire. *Presence*, 7, 3, 225-240.
- Witmer, B., G., Jerome, C., G. & Singer, M., J. (2005). The factor structure of the presence questionnaire. *Presence*, 14, 3, 298–31.
- Youngblut, C. (2003). Experience of presence in virtual environments. *Institute for Defense Analyses, IDA Document D-2960*.